Chir.
87
ly

Chir.
87 by

Emmert

Auge und Schädel.

Untersuchungen

über

Refraction, Accommodation, gewisse Maassverhältnisse der Augen und Augenhöhlen, Axenverlängerung und Bewegungs-Mechanismus des Augapfels

von

Dr. Emil Emmert,
Docent der Ophthalmologie an der Universität Bern.

Mit 4 lithographirten Tafeln.

Berlin, 1880.
Verlag von August Hirschwald.
NW. Unter den Linden 68.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen vorbehalten.

Vorrede.

In der vorliegenden Schrift habe ich Untersuchungen zusammengestellt, welche, mit wenigen Ausnahmen, den Zweck haben zu der Kurzsichtigkeit in Beziehung stehende Verhältnisse resp. deren Ursachen zu finden.

Der innige Zusammenhang zwischen Kurzsichtigkeit und Insufficienz der Mm. R. interni führte nothwendiger Weise auch zur Berücksichtigung letzterer, und da derselben wahrscheinlich ähnliche, wenn auch entgegengesetzte Ursachen zu Grunde liegen wie dem Strabismus convergens, so wurde auch dieser noch mit in Betracht gezogen.

Untersuchungen an Lebenden, an Schädeln und endlich an einem die wirklichen Verhältnisse möglichst naturgetreu wiedergebenden Phantome, lieferten das Material, an dessen Hand das hier Niedergelegte gefunden wurde.

Bereits vor einem Jahre lag die Arbeit in geringerem Umfange vollendet vor. Ihre Veröffentlichung verzögerte sich durch vielfache Abkürzungen weitläufiger Tabellen, durch Zusätze, neue Untersuchungen, wie namentlich diejenigen über die Ab- und Aufrollungsverhältnisse

der Augenmuskeln und über die Aetiologie d. h. eine physikalische Begründung des Strabismus convergens und der Insufficienz der Interni, welch' letztere als Anhang folgen, in solchem Grade, dass manche Citate, welche damals der Literatur der neuesten Zeit angehörten, nunmehr schon etwas älteren Datums geworden sind, während allerdings umgekehrt einige neuere Arbeiten noch berücksichtigt werden konnten, die sonst unberührt hätten bleiben müssen.

Bern, im Januar 1880.

Dr. **Emil Emmert.**

Inhalts-Verzeichniss.

Erster Theil.

Seite

Untersuchungen an Lebenden . . . . . 1—22

Refractionsverhältnisse 1. — Accommodationsmaximum 6. — Pupillendistanz 9. — Pupillendistanzmesser 11. — Sehliniendistanzmesser 14. — Orbitaldistanz 16. — Differenz zwischen Pupillen- und Orbitaldistanz 18. — Durchmesser der Iris und Pupille 21. — Prominenz der Augen 22.

Zweiter Theil.

Untersuchungen an menschlichen Schädeln (hiezu Taf. I—IV) 23—80

Ausmessung der Augenhöhlen verschiedener Menschenracen in Horizontal- und Verticalebenen 23. — Methoden der Ausmessung: 1) Coordinatenapparat 24; — 2) Lehmmethode 26; — 3) Wachsmethode 27; — 4) Gypsmethode 28; — 5) Eigene Methode 29. — Ansichten über eine Horizontalebene 30. — Farbe der Augen und Haare, Art ihrer Verbreitung in Deutschland, nach Virchow 32. — Verfahren bei der Ausmessung der Augenhöhlen in ihrer Horizontalebene 40. — Orbital-Krümmungsmesser 44. — Orbitalöffnungen 46. — Inhalt der 4 lithographirten Tafeln 47. — Schädeldurchmesser und Schädelindices 49. — Orbitalöffnungsmaasse und Orbitalindices 52. — Orbitaldistanz und Orbitalaxendistanz 53. — Tiefe der Orbita oder Länge der Orbitalaxe 56. — Länge der äussern Orbitalwand 56. — Länge der innern Orbitalwand 57. — Distanz der innern Orbitalränder oder vordern Thränengrubenkanten; Distanz der hintern Thränengrubenkanten; Distanz der Mittelpunkte der Foramina optica; Distanz, um welehe die äussern Orbitalränder hinter den innern zurückstehen 58. — Gesichtsöffnungswinkel; Orbitalaxenwinkel; Orbitalwandwinkel 60. — Orbitalwand-Augenaxenwinkel 64. — Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel 65. — Orbitalaxen-Augenaxenwinkel; Orbitalöffnungs-

Seite

winkel 66. — Flächenraum der Horizontalschnitte 68. — Vergleich der Schädel- und Orbitalmaasse bei den verschiedenen Schädelformen 68. — Durchschnittswerthe sämmtlicher Schädel- und Orbitalmaasse in Zahlen und Curven 70. — Indices sämmtlicher Schädel- und Orbitalmaasse 72.

Dritter Theil.

Ursachen der Myopie, der Insufficienz der Interni u. A. . . 81—169

Theorien über die Entstehung der Kurzsichtigkeit und damit verbundener Erscheinungen 81. — Ophthalmophantomatrop 99. — Ab- und Aufrollungsverhältnisse der Augenmuskeln, nach Volkmann, Aubert u. A. 103. — Meine Untersuchungen 104. — Länge der Augenmuskeln und Messungen über ihre Anlegungsstrecke bei verschiedenen Stellungen des Augapfels 110. — Längenveränderungen der Augenmuskeln bei Convergenz- und Divergenzbewegungen des Augapfels 122. — Berührung des Sehnerven durch den M. R. internus und externus. Kraftverbrauch des M. R. internus und externus bei Convergenz- und Divergenzbewegungen des Augapfels 125. — Folgen der Berührung und Verdrängung des Sehnerven durch den M. R. internus und externus 133. — Subvaginaler oder subarachnoidaler Raum 136. — Coni, Sclerectasia posterior, Axenverlängerung des Bulbus u. A. 139. — Accommodationskrampf 150. — Schlussfolgerungen 151. — Insufficienz der Mm. R. interni und Strabismus convergens 154.

Anhang.

Strabismus convergens und Insufficienz der Interni.

Physikalische Begründung der physiologischen und pathologischen Bewegungen des Augapfels . . . . . 169—200

I. Theil.

Untersuchungen an Lebenden.

Bereits vor dem Erscheinen meiner Arbeit über Refractions- und Accommodationsverhältnisse im Jahre 1877 hatte ich meine Untersuchungen an Lebenden wieder aufgenommen, indem ich in einigen von mir untersuchten Schulen nach einem Zeitraume von zwei Jahren diese Verhältnisse wieder zu prüfen beabsichtigte, um genaue Anhaltspunkte darüber zu erhalten, inwiefern sich dieselben in diesem Zeitraume verändert haben oder gleich geblieben sind.

Doch erschien es mir bald schade, das ausgezeichnete Material, wie Schulen es liefern, zu diesem einseitigen Zwecke zu verwenden, um so mehr, als aus den wiederholten Untersuchungen Anderer hervorgeht und übrigens auch a priori angenommen werden kann, welche Veränderungen im Grossen Ganzen hinsichtlich der Refractionsverhältnisse einer Schule nach einem grösseren Zeitraume zu erwarten sein dürfen.

Aus diesen Gründen entschloss ich mich, ausser auf Refraction und Accommodation, Sehschärfe und Muskelverhältnisse zu prüfen, auch noch zu untersuchen:

1) welches das Accommodationsmaximum in verschiedenen Lebensaltern bei verschiedenen Refractionsverhältnissen und
2) welches das durch Concavgläser erreichbare Accommodationsmaximum des rechten und des linken Auges und beider Augen zusammen bei parallelen Gesichtslinien sei; ferner

3) wie sich die Distanz der beiden äusseren knöchernen Orbitalränder in der Höhe der Pupille,
4) wie sich dazu die Pupillendistanz und
5) wie sich zu beiden der Abstand zwischen Pupillencentrum und knöchernem äusseren Orbitalrand verhalte;
6) welches der durchschnittliche Horizontal-Durchmesser der Iris und
7) welches die durchschnittliche Pupillenweite sei; endlich, freilich nur in einer kleinen Zahl von Fällen,
8) ob die Prominenz der Augen zu Alter und Refraction oder zu andern der genannnten Verhältnisse in irgend welcher Beziehung stehe.

Die genannten Momente berücksichtigend prüfte ich eine der schon früher von mir untersuchten Knabenschulen — das Gymnasium des Herrn v. Lerber in Bern — und eine Klasse der schon früher untersuchten städtischen Mädchenschule.

Obschon die absolute Gleichgültigkeit gegen eine Wiederholung solcher Schuluntersuchungen von Seiten einiger Directoren der ursprüngliche Grund davon war, dass nur eine so beschränkte Schülerzahl nochmals einer Prüfung unterworfen wurde, war ich nachträglich doch sehr froh keine grössere untersucht und somit nicht mehr Zeit für diesen Zweck geopfert zu haben, denn es hat sich bereits bei diesen eine so überraschende Constanz der Verhältnisse gezeigt, dass ich kaum glauben kann, dass bei ausgedehnteren Prüfungen sehr abweichende Resultate zu Tage treten würden.

Gleichwohl könnte es nur wünschenswerth erscheinen, wenn auch von Anderen diese Untersuchungen wiederholt würden, um die von mir gefundenen Resultate entweder zu bestätigen oder eventuell zu zeigen, welche Abweichungen von denselben beobachtet werden.

Im Ganzen wurden 203 Knaben im Alter von 6 bis 18 Jahren und nur 14 Mädchen im Alter von 15 bis 16 Jahren untersucht. Von den ersteren waren 92, von den letzteren 13 bereits vor zwei Jahren von mir einer Prüfung unterworfen worden. Unter diesen befanden sich Manche, welche damals emmetrop gewesen und jetzt

myop geworden waren, Manche, welche damals einen niedereren Grad von Myopie, jetzt einen höheren, und solche, welche damals einen höheren Grad von Hypermetropie gehabt, jetzt einen niedereren nachweisen liessen. Kein Fall fand sich vor, wo ein damals als hypermetrop Eingeschriebener seither myop geworden wäre.

Was die Refractionsverhältnisse der ganzen Schule anbelangt, absehend von noch nie oder nun zum zweiten Male Untersuchten, so war es mir eine Genugthuung, auch dieses Mal wieder bestätigt zu finden, was ich schon in meiner früheren Arbeit ausgesprochen habe, dass nämlich Hypermetropie der absolut häufigste und Emmetropie der absolut seltenste Refractionszustand ist. Wenn bei meinem Untersuchungsverfahren schon ohne Accommodationslähmung durch Atropin eine so überwältigende Menge Hypermetroper nachweisbar ist, so ist klar, dass eine noch grössere Zahl unter Atropinwirkung an's Tageslicht treten müsste.

Der Fähigkeit, Zerstreuungskreise zu unterdrücken, kann ich bei so kleinen und in einem gegebenen Falle zudem gänzlich unbekannten Objecten, wie z. B. der Buchstaben- oder Viereckreihe XX der Snellen'schen Tafeln auf eine Entfernung von 20 Fuss, keine so grosse Bedeutung zuschreiben, dass dadurch die Zahl der Hypermetropen beträchtlich verringert würde. Ist wirklich die Accommodation beim Betrachten jener Buchstaben- oder Viereckreihe auf 20 Fuss Entfernung bereits vollständig erschlafft, so wird trotz Unterdrückung oder Verarbeitung der Zerstreuungskreise ein vor das Auge gehaltenes schwaches Convexglas das Bild bereits so undeutlich machen, dass an ein Erkennen dieser Zeile nicht mehr zu denken ist.

Ohne Glas haben z. B. meine Augen eine Sehschärfe von kaum $^{20}/_{XX}$; setze ich vor dieselben bei einer Myopie von kaum $^{1}/_{90}$ beispielsweise $-\,^{1}/_{72}$ statt $-\,^{1}/_{90}$, so erhalte ich sofort eine Sehschärfe von $^{20}/_{XII}$; setze ich nun statt $-\,^{1}/_{72}$ ein Convexglas $+\,^{1}/_{60}$ vor, so fällt meine Sehschärfe so, dass ich mit grösster Mühe $^{20}/_{L}$ behalte und mir alle grösseren Objecte als diese Buchstaben umschleiert erscheinen. Die geringe Brechungsdifferenz zwischen $-\,^{1}/_{72}$ und $+\,^{1}/_{60}$ lässt also meine Sehschärfe von $^{20}/_{XII}$ auf $^{20}/_{L}$ herabsinken, ohne dass es mir möglich wäre durch Unterdrückung oder Verarbeitung der Zerstreuungskreise eine grössere

zu erzwingen. Walb's[1]) Beispiel, nach welchem ein Knabe von 13 Jahren No. XX auf 27 Fuss ohne Glas deutlich, mit + 60 dagegen sofort undeutlich, dasselbe Object aber mit + 60 auf 24 Fuss und selbst mit + 40 auf 20 Fuss deutlich sah, halte ich, um die Abwesenheit noch latenter Accommodation beim Fernblick zu beweisen, nicht ganz gut gewählt, und statt meine Behauptungen und Anschauungen widerlegend, dieselben im Gegentheile unterstützend. Denn wo anders her sollte die Fähigkeit kommen Sn. XX auf 20 Fuss mit + 40 noch zu erkennen als von vorhandener accommodativer Hypermetropie, da ja der Betreffende mit + 60 Sn. XX auf 27 Fuss nicht mehr zu erkennen vermochte. Er muss also beim Betrachten von Sn. XX auf 27 Fuss seine Accommodation bereits vollständig aufgebraucht haben, beim Betrachten auf 20 Fuss dagegen noch so viel Accommodation ihm übrig geblieben sein, dass er mit + 40 Sn. XX noch lesen konnte.

Würde bei Untersuchungen dieser Art die grösste Sehschärfe zuerst ohne Glas ermittelt und würden dann erst Convexgläser in zunehmender Stärke vorgehalten, so könnten die Grade accommodativer Hypermetropie allerdings vielleicht niedriger werden, dagegen würde die Zahl der Fälle gleichwohl kaum eine bedeutendere Modification erleiden. Grössere Sehschärfe ist eben nicht immer nur die Folge grösserer Funktionstüchtigkeit der Netzhaut, es gehört dazu auch eine vorzügliche Einstellungsfähigkeit des dioptrischen Apparates; in dem einen Falle mag mehr die erstere, in einem anderen die letztere und in einem dritten werden beide Momente zusammen einen bestimmenden Einfluss auf die Sehschärfe ausüben.

Ta-

Alter.		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Refraction	H	8=100%	9=100%	17=90%	17=77.3%	28=87.5%	17=77.3%	18=78.3%	
	E	.	.	2=10 -	2= 9 -	1= 3.1 -	3=13.6 -	2= 8.7 -	
	M	.	.	.	2= 9 -	3= 9.3 -	1= 4.5 -	3=13 -	
	E+H	.	.	.	1= 4.6 -	.	1= 4.5 -	.	
	E+M	.	.	.	.	.	.	.	
	H+M	.	.	.	.	.	.	.	

[1]) Walb, Zehender's Klin. Monatsblätter 1877.

Um jedoch irrigen Auffassungen der von mir sog. accommodativen Hypermetropie zu begegnen, muss ich hier nochmals hervorheben, dass ich dieselbe nicht in dem Sinne verstehe, wie bei dem Gebrauch des Namens negative Accommodation gemeint werden könnte.

Ich halte nur daran fest und halte diese Anschauung, gestützt auf meine früheren sowohl wie auf die jetzigen und noch neuere Untersuchungen aufrecht, dass auch beim Blick in die Ferne die Accommodation noch nicht ihr Maximum der Erschlaffung, die Linse noch nicht ihr Maximum der Abflachung erreicht hat, sondern eine gewisse Quote derselben noch übrig bleibt, welche so zu sagen latent und nur durch Vorhalten schwächerer Convexgläser auslösbar ist. Diesen Zustand betrachte ich als den normalen und nenne ihn accommodative Hypermetropie, während ich als emmetropes Auge ein solches bezeichne, bei welchem diese übrige Menge latenter Accommodation und Linsenabflachung beim Fernblick nicht mehr vorhanden, sondern für diesen bereits aufgebraucht, durch Convexgläser folglich nicht mehr auslösbar ist.

Nachdem ich schon oben angedeutet habe, dass meine diesmaligen Untersuchungen über Refraction, Sehschärfe und Muskelverhältnisse, welche, um mit den früheren vergleichbare Resultate zu erhalten, in vollständig gleicher Weise ausgeführt worden sind, auch zu durchaus analogen Resultaten geführt haben, will ich mich darauf beschränken, hier nur die auf die Refractionsverhältnisse bezüglichen kurz wiederzugeben:

belle 1.

XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	Total.
17=70.8%	7=70.0%	9=45 %	7=63.6%	1=50 %	1=100 %	156=76.9% [1]
1= 4.2 -	.	2=10 -	1= 9.1 -	.	.	14= 6.9 -
2= 8.3 -	3=30.0 -	6=30.0 -	2=18.2 -	1=50 -	.	23=11.4 -
.	.	1= 5.0 -	1= 9.1 -	.	.	4= 1.9 -
3=12.5 -	.	1= 5.0 -	.	.	.	4= 1.9 -
1= 4.2 -	.	1= 5.0 -	.	.	.	2= 1.0 -
						203=100%

[1]) Davon sind 13 oder 6.4% Bulbushypermetrope und
143 „ 70.5% accommodativ Hypermetrope.

Einer eingehenderen Besprechung bedürfen jedoch die folgenden Punkte, auf welche ich dieses Mal mein Augenmerk besonders gerichtet habe. Den binoculären Nahepunkt oder das Accommodationsmaximum mass ich, um zu erfahren, ob derselbe in irgend welchem constanten Abhängigkeitsverhältniss zur Art der Refraction, zum Grade derselben und zum Alter des Individuums stehe, obschon diese Verhältnisse ganz besonders von Donders grösstentheils bereits festgestellt sind. Doch wollte ich eben mit diesen Messungen die Untersuchung verbinden, bis zu welchem Grade jugendliche Individuen mit verschiedenen Refractionsverhältnissen im Stande seien, beim Blick in die Ferne Concavgläser mit jedem einzelnen Auge sowohl wie mit beiden zusammen zu überwinden, d. h. bei parallelen Gesichtslinien zu accommodiren. Ein Vergleich der Accommodationsfähigkeit unter so verschiedenen Bedingungen erschien mir nicht uninteressant.

Die Bestimmung des Nahepunktes geschah in der Weise, dass einfach mit einem Maassstabe ungefähr vom optischen Centrum jedes Auges hinweg die Entfernung gemessen wurde, in welcher Snellen $I^{I}/_{II}$ binoculär, wenn auch langsam und mühsam, gelesen wurde, eine Messungsmethode, welche allerdings keinen Anspruch auf mathematische Genauigkeit machen kann.

Aus diesen Messungen ergab sich das mich einigermaassen überraschende Resultat, dass der Nahepunkt zwischen dem 6. und 18. Lebensjahre mit geringen Schwankungen ziemlich gleich bleibt und für die verschiedenen Refractionsverhältnisse so wenig Verschiedenheiten darbietet, dass der durchschnittliche binoculäre Nahepunkt hypermetroper Augen 2.71 Zoll oder 8.1 Cm., derjenige emmetroper 2.65 Zoll oder 7.95 Cm. und derjenige myoper Augen 2.56 Zoll oder 7.68 Cm. beträgt.

Auffallendere Unterschiede zeigen die mit Concavgläsern gewonnenen Accommodationsmaxima. Dieselben wurden in der Weise gefunden, dass, nachdem die Refraction bestimmt, die Sehschärfe ermittelt, allfällig vorhandene Muskelanomalien aufgedeckt und der binoculare Nahepunkt festgestellt war, den Betreffenden zuerst vor das rechte, dann vor das linke und endlich vor beide Augen zusammen Concavgläser in immer wachsender Stärke gehalten wurden. Dabei beobachtet man, dass es ausserordentlich rasch, d. h. schon bei ganz schwachen Gläsern fast ausnahmslos zur Unmöglich-

keit wird die volle Sehschärfe zu behalten und zwar beim Sehen mit jedem Auge für sich wie auch beim binoculären Sehen. Bei den Versuchen mit beiden Augen wurde nur so lange mit immer stärkeren Gläsern fortgefahren, als sich nachweisen liess, dass mit beiden Augen zugleich gesehen werde und nicht etwa Convergenz- oder, wie auch vorgekommen, Divergenzstellung des einen oder des anderen Auges eingetreten war. Da die S. schon so rasch sinkt, setzte ich den Accommodationszwang mit Concavgläsern monocular und binocular stets so lange fort, bis die S. nur noch $^{20}/_{cc}$ betrug. Je stärker die Gläser wurden, um so länger bedurfte es jeweilen bis das Glas überwunden und bestimmte Objecte noch erkannt wurden.

Das mit Glas erreichbare Accommodationsmaximum kommt nur in ganz seltenen Fällen dem ohne Glas erreichbaren gleich, und unter diesen am Häufigsten bei Myopie. Zur Refraction und zu dem Grade der Refraction steht das mit Glas erreichbare Accommodationsmaximum in keinem constanten Verhältnisse, sondern es zeigen sich hier die allergewaltigsten Schwankungen; dagegen ergeben die Untersuchungen auf das Unzweifelhafteste, dass das mit Glas erreichbare Accommodationsmaximum, wenigstens bei den von mir als hypermetrop erkannten, in ganz enorm constantem Abnahmeverhältniss zum Alter steht, in dem Sinne nämlich, dass das mit Glas erreichbare Accommodationsmaximum fast mit jedem Lebensjahre um etwas abnimmt, d. h. z. B. im 6. Lebensjahre $-\,^{1}/_{5.4}$, im 16. dagegen nur noch $-\,^{1}/_{9.2}$ entspricht.

Bei Weitem unregelmässigere Verhältnisse zeigen sich bei Emmetropie und Myopie.

Bei E. lässt sich zwar ebenfalls noch eine Abnahme der Accommodationsfähigkeit erkennen, bei M. dagegen hört alle Gesetzmässigkeit auf, was bei dieser allerdings grossentheils auf Rechnung verschieden hoher Grade dieses Fehlers bezogen werden muss.

Tab. 2.

	Alter.	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	Durchschnitt.
Accommodations-maxim. mit Glas	H	5.4	6.5	6.1	7.6	8.0	8.2	7.2	7.9	8	8.1	9.2	8	.	7.51
	E	.	.	5	8.25	10	10	10.5	2.75	.	9	12	.	.	8.4
	M	.	.	.	7.25	8.2	12	9.7	5.5	3.8	6.75	7	5	.	7.24
	E+H	.	.	.	3	.	9	.	.	.	15	7	.	.	.
	E+M	.	.	.	.	.	.	.	6.3	.	13	.	.	.	.
	M+H	.	.	.	.	.	.	.	7	.	5	.	.	6	.

Endlich zeigten sich mir noch einige eigenthümliche Erscheinungen hinsichtlich der Accommodationsmaxima des rechten und linken Auges und beider Augen zusammen, und verweise ich hiefür auf Tab. 3, aus welcher ich nur hervorheben will, dass weitaus in der Mehrzahl der Fälle (65.5 pCt.) das Accommodationsmaximum beim binoculären Sehact sich gleich erwies, wie auf jedem einzelnen Auge, dass ferner das Accommodationsmaximum des rechten Auges häufiger (21.7 pCt.) als dasjenige des linken (15.0 pCt.) dem binoculären Accommodationsmaximum gleichwerthig war und dass endlich das Accommodationsmaximum des linken Auges gerade drei Mal häufiger (17.7 pCt.) grösser gefunden wurde als auf dem rechten Auge (5.9 pCt.).

Tab. 3.

	Accommodationsmaxima mit Concavgläsern.	Zahl der Fälle	%
1.	Accommodationsmaximum auf rechtem und linkem Auge und auf beiden Augen zusammen gleich	133	= 65.5
2.	Accommodationsmaximum auf rechtem und linkem Auge gleich, aber > als auf beiden Augen zusammen	21	= 10.4
3.	Accommodationsmaximum auf rechtem und linkem Auge gleich, aber < als auf beiden Augen zusammen	1	= 0.5
4.	Accommodationsmaximum auf rechtem Auge wie auf beiden Augen zusammen	44	= 21.7
5.	Accommodationsmaximum auf linkem Auge wie auf beiden Augen zusammen	31	= 15.0
6.	Accommodationsmaximum auf rechtem Auge > als auf beiden Augen zusammen.....	42	= 20.7
7.	Accommodationsmaximum auf linkem Auge > als auf beiden Augen zusammen.....	59	= 29.0
8.	Accommodationsmaximum auf rechtem Auge < als auf beiden Augen zusammen.....	5	= 2.5
9.	Accommodationsmaximum auf linkem Auge < als auf beiden Augen zusammen.....	3	= 1.4
10.	Accommodationsmaximum auf jedem Auge verschieden..	45	= 22.2
11.	" " " " anders als bei beiden Augen zusammen.....	18	= 8.8
12.	Accommodationsmaximum rechts > als links.....	12	= 5.9
13.	" links > als rechts	36	= 17.7

Die dritte, vierte und fünfte Frage, welche ich mir vorlegte, waren diejenigen der Orbitaldistanz, der Distanz der Pupillencentren und der sich aus diesen Messungen ergebenden Differenz beider, mit andern Worten die Fragen, welche Durch-

schnittsdistanz zwischen dem knöchernen äussern Orbitalrand und dem Pupillencentrum gefunden wird und ob und inwiefern diese Verhältnisse in gewisser Beziehung zu Refraction und Alter stehen.

Mein Augenmerk auf die Entfernung der Drehpunkte beider Augen von einander zu richten, dazu gab hauptsächlich die im Jahre 1871 erschienene Arbeit von Mannhardt über Musculäre Asthenopie und Myopie in v. Gräfe's Arch. f. Ophth. Bd. XVII. Abth. 2. pag. 69. Veranlassung. In derselben ist eine Theorie vertreten, welche sich auf Beochtungen und Messungen an Schädeln und an Lebenden stützt und Manches für sich, Manches jedoch auch gegen sich hat. Diese Theorie sieht die Hauptursache der Myopie in der Insufficienz der Interni und als Ursache für die Entstehung der letzteren erschwerte Convergenz, bedingt durch grösseren Abstand der Augendrehpunkte, stark divergirende Orbitalaxen und Kleinheit des Winkels α, welche drei Momente fast ausnahmslos mit Langbau des Auges resp. Myopie einhergehen sollen. E. Pflüger fand in dieser Arbeit Veranlassung, mit seiner in Bd. XXII. des v. Gräfe'schen Archivs erschienenen Abhandlung über Schuluntersuchungen auch Messung der Pupillendistanzen mit Hülfe eines Millimetermaassstabes zu verbinden. Ueber die Resultate referirte er am Heidelberger Ophthalmologen-Congress im Jahre 1875; ausserdem fanden seine Mittheilungen in den Klin. Monatsblättern von Zehender noch im selben Jahre pag. 451 ausführlichere Besprechung, nebst der an dieselben sich knüpfenden Discussion.

Seine Untersuchungen führten ihn zu dem Ergebniss, dass mit jedem Lebensjahre (7—20) die Pupillendistanz resp. die Schädelbreite um etwas wachse und der myope Schädel, wie aus den Durchschnittsresultaten zu entnehmen ist, fast ausnahmslos die grösste, der hypermetrope Schädel dagegen die kleinste Pupillendistanz zeige, was mit den Mannhardt'schen Resultaten in vollstem Einklange stehen würde.

Beiläufig bemerke ich, dass es für mich unklar blieb, wie es ihm möglich wurde für das 7. Lebensjahr eine hinreichende Zahl von Myopen zu finden, um Durchschnittszahlen über die Pupillendistanzen bei Knaben sowohl wie bei Mädchen zu liefern, während er doch in seiner Arbeit über Schuluntersuchungen in Gräfe's Arch. Bd. XXII. Ab. 4. pag. 75. in der Zusammenstellung der

Hypermetropen, Emmetropen und Myopen nach Lebensjahren selbst angibt, im 7. Lebensjahre noch keinen einzigen und im 8. Lebensjahre nur 4 Myope gefunden zu haben. Oder sollen etwa gerade diese Fälle zu denjenigen gehören, von welchen er in den Klin. Monatsblättern von 1875 pag. 453 Anm. sagt, dass sie unrichtiger Weise früher als Myope verzeichnet und später durch die ophthalmoskopische Refractionsbestimmung oder durch Atropin als E. oder H. mit Accommodationskrampf erkannt wurden?

Aus der Discussion, welche sich in der Heidelberger Versammlung an diese Mittheilungen knüpfte, hebe ich hervor, dass Woinow die Differenzen zwischen den Pupillendistanzen der einzelnen Lebensjahre und der verschiedenen Refractionszustände für ziemlich klein und mit einem gewöhnlichen Millimetermaass nicht so genau messbar hielt; auch meinte er, dass die angegebenen Distanzen kleiner seien als die Distanzen zwischen den Drehpunkten, ganz besonders wegen der bei dieser Messungsmethode in Betracht kommenden Convergenz.

Prof. Becker theilte mit, dass Messungen der Pupillendistanzen schon seit Jahren in seiner Klinik vorgenommen werden. Er erhielt jedoch für Myope grössere Durchschnittswerthe und fand noch, dass nicht blos im Durchschnitt die Myopen eine grössere Schädelbreite haben als die Emmetropen, sondern es stellte sich sogar heraus, dass auch dem Grad der Myopie ein immer breiterer Abstand der Drehpunkte entspricht.

Prof. Horner bemerkte schliesslich: „Ich habe in gleicher Richtung Untersuchungen angestellt bei Individuen ungefähr des gleichen Alters, deren Wachsthum beendigt war und bei Individuen von ungefähr gleichem Grade der Refractionsanomalien mit einem gewissen Spielraum (ich habe die Zahlen leider nicht zur Hand), muss aber gestehen, dass ich zu absolut negativen Resultaten gekommen bin. Die Durchschnittsresultate der Distanzen bei Hypermetropen sind keineswegs kleiner als die der Distanzen bei Myopie; allerdings zeigt sich, dass eine enorme Constanz der Pupillendistanz bei Emmetropen existirt, dass dagegen bei Hypermetropen und bei Myopen die colossalsten Schwankungen von 54 bis 73 Mm. vorkommen, und zwar bei beiden, so dass sich dann die Durchschnittszahlen bei der Myopie und Hypermetropie gleichen.“

In der Frage selbst über die Pupillendistanzen und in den über diesen Gegenstand gefallenen Voten lag sicherlich Anregung genug, bei einer nächsten Gelegenheit derartige Messungen auszuführen und dabei bemüht zu sein das Tadelnswerthe bisheriger Untersuchungen zu vermeiden und gemachte Andeutungen so viel wie möglich zu berücksichtigen und zu verwerthen.

Dass directe Messungen mit einem Millimetermaassstabe zu nicht correcten Resultaten führen, hat Woinow mit Recht hervorgehoben. Der Grund hiefür liegt in der Nothwendigkeit, den Maassstab selbst halten zu müssen, in der parallactischen Verschiebung zwischen den Theilstrichen des Maassstabes und der Hornhaut- oder Pupillenmitte, in der Unmöglichkeit zugleich auf einen fern gelegenen Gegenstand blicken zu lassen und daher Parallelstellung der Augen zu erzielen, an deren Stelle eben ein gewisser Grad von Convergenz tritt, in Folge dessen die Resultate stets zu klein und der Wirklichkeit nicht entsprechend ausfallen müssen, sondern nur für einen gewissen, jeweilen wieder von der Pupillendistanz selbst abhängigen Convergenzgrad Werth haben.

Unter den Instrumenten, welche zu solchen Messungen dienen können und auch theilweise zu diesem Zwecke erfunden wurden, sind mir bekannt: das Vuerometer von Alfred Smmee [1]), das Orthometer von Hasner [2]), der Basalmesser von Paul Schröter [3]), das Chiastometer von Landolt [4]) und das Metroscop von Snellen [5]), dazu kommen aus letzter Zeit noch das Doppellineal von Landolt und das von E. Pflüger modificirte Chiastometer von Landolt (vergl. Bericht über die elfte Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg 1878 pag. 50).

Das Vuerometer von A. Smee setzt absolut ruhige Kopf-

---

[1]) The eye, in health and disease. London 1854.

[2]) Die Statopathien des Auges. Prag 1869.

[3]) Der Basalmesser, zur Messung des gegenseitigen Abstandes der Drehpunkte beider Augen. Klin. Monatsblätter f. Augenheilkunde von Zehender. 1873. Bd. XI. pag. 37.

[4]) Klin. Monatsblätter f. Augenheilkunde von Zehender. 1873. Bd. XI. pag. 450.

[5]) Handbuch der gesammten Augenheilkunde von Gräfe u. Sämisch. 1874. Bd. III. Th. 1. pag. 202.

haltung voraus und scheint mir deshalb nicht hinreichend genau, weil in der Längsaxe zweier Röhren gesehen werden muss, welche eine gewisse Weite haben und schliesslich einfach die Entfernung der Röhren- oder Cylinderaxen von einander gemessen wird.

Das Orthometer von Hasner schien mir für Messungen dieser Art ebenfalls nicht hinreichend genau.

Der Basalmesser von Schröter liefert genaue Resultate, nur ist man bei demselben auf subjective Angaben angewiesen.

Das Chiastometer von Landolt, auf dem Princip gekreuzter Sehlinien beruhend, ermöglicht ebenfalls genaue Messungen, es erfordert aber ruhige Kopfhaltung, Feststellung des Apparates und man ist bei demselben auf subjective Angaben angewiesen.

Das Metroscop von Snellen, das Doppellineal von Landolt und das von E. Pflüger modificirte Landolt'sche Chiastometer, welche ich jedoch nicht aus eigener Anschauung, nur durch Beschreibung kenne, scheinen recht genaue Resultate liefern zu können.

Bedingung für correcte Messungen erschienen mir: Parallelstellung der Augen, Unabhängigkeit unwillkürlicher Kopfbewegungen von den Messungen, wenn immer möglich objective Untersuchung, nicht subjectives Urtheil und die Möglichkeit, auch bei pathologischen Abweichungen des Auges die Pupillendistanz messen zu können.

Diesen Forderungen glaubte ich in genügender Weise gerecht zu werden durch folgendes Verfahren und zu diesem Zwecke erfundenes einfaches Instrument, welches ich Pupillendistanzmesser oder Pupillendiastometer nennen will.

Es besteht aus einem soliden Brillengestell von Neusilber, wie sie früher in den Brillenkasten von Nachet enthalten waren und circa 25 Frcs. oder 20 Rm. kosteten. Die wesentlichen Bestandtheile eines solchen Brillengestelles sind eine starke, auf dem Querschnitt viereckige Querstange, an welcher zwei dieselbe umfassende und circa 2 Cm. lange Metallhülsen mit Leichtigkeit und durch in ihrem Innern angebrachte Federn gleichförmig vor dem rechten und vor dem linken Auge hin- und hergeschoben werden können. An jede dieser Hülsen sind zwei hintereinander stehende und fest mit einander verbundene, auf einer Seite offene Ringe gelöthet, welche durch Federn zum Einsetzen von Linsen mehr

oder weniger geschlossen werden können. Ausserdem befindet sich noch in der Mitte der Querstange ein auf- und abwärts verschiebbarer Stab mit Nasenbügel, durch welchen es möglich wird bei jeder Art von Nasenrücken das Brillengestell so zu heben oder zu senken, dass durch die Mitte der Ringe gesehen werden kann.

Nachdem ich mir in die den Augen näher gelegenen beiden Ringe oben und unten eine kleine Oeffnung hatte bohren lassen, zog ich durch diese ein feines weisses Pferdehaar, welches nun in senkrechter, zur Querstange des Gestells rechtwinkliger Richtung von oben nach unten durch den Ring lief. Bei aufgesetztem Brillengestell sah man also nach entsprechender Verschiebung der Hülsen an der Querstange unmittelbar vor jedem Auge ein schmales, weisses Pferdehaar senkrecht und unbeweglich ausgespannt. An dem einen der beiden auf den Ohren ruhenden Arme des Brillengestells befestigte ich noch ein elastisches Band, welches ich in vielen Fällen, wo das Gestell nicht fest genug zu sitzen schien, hinter dem Kopf durchführte und mit an das Band genähten Häkchen in das ringförmige Ende des andern Armes einhenkte.

Nun sass das Gestell so fest, dass man, ohne es zu verrücken, die Hülsen an der Querstange vor den Augen hin- und herschieben konnte. Kopf und Gestell waren somit fest miteinander verbunden und unwillkürliche Bewegungen des Kopfes konnten keinen störenden Einfluss auf die Stellung des Gestells ausüben.

Meine Messungen nahm ich nun in der Weise vor, dass ich den zu Untersuchenden auf einen Stuhl sitzen und nach dem Mittelstück eines circa 100 Fuss entfernten Fensters blicken liess; ich selbst setzte mich ihm gegenüber in einer Entfernung von circa 8 Fuss auf einen etwas niedereren Stuhl und konnte nun mit Leichtigkeit mit einem Opernglas die Pupillen und die vor den Augen senkrecht ausgespannten weissen Pferdehaare erkennen. Indem ich so oft aufstand und die Ringe so lange verschob, bis ich es dazu brachte, dass die Fäden oder weissen Haare bei Betrachtung mit dem Opernglas aus einer Entfernung von circa 8 Fuss gerade senkrecht durch die Mitte der rechten und der linken Pupille liefen, glaube ich die Pupillendistanz so genau gemessen zu haben, wie es für gewöhnliche Zwecke wünschenswerth erscheinen kann. Sobald man dann die Fäden hinreichend genau eingestellt

glaubt, nimmt man das Gestell ab und misst mit einem in halbe und viertel Millimeter eingetheilten Maassstabe einfach die Entfernung beider Fäden, womit die Messung beendigt ist. Eine jede solcher Messungen nimmt mindestens zwei, höchstens fünf Minuten in Anspruch. Anfangs machte ich häufig Controlmessungen, bis ich mich überzeugte, dass die Resultate fast ausnahmslos immer dieselben blieben.

Erleichtert werden die Messungen dadurch, dass, indem man die zu Untersuchenden nahe beim Fenster sitzen lässt, die Pupillen sich so verengern, dass das Centrum derselben ziemlich leicht zu bestimmen ist.

Der zweite Ring des Brillengestells, d. h. derjenige, welcher sich vor dem den Faden tragenden befindet, kann in einem gegebenen Fall dazu dienen, corrigirende Gläser einzusetzen, wenn in Folge eines Refractionsfehlers nicht einmal das genannte Object erkannt werden kann. Da das Centrum des Glases gerade vor die Pupille zu liegen kommt, so kann eine prismatische Wirkung desselben und daher Verschiebung des Fadens oder Haares nicht wohl zu Stande kommen und Beobachtungsfehler hervorrufen.

In Fällen von Strabismus stellt man zuerst den einen Ring richtig ein, lässt dann diesen durch den zu Untersuchenden selbst oder eine hinter demselben stehende Person verdecken und nun mit dem schielenden Auge das Fixationsobject betrachten, bis auch der vor diesem Auge befindliche Faden richtig eingestellt ist und bedeckt hierauf noch mehrmals bald das eine, bald das andere Auge, um sich von der Richtigkeit der Einstellung zu überzeugen.

So glaube ich zur Messung der Pupillendistanzen ein Verfahren eingeschlagen zu haben, welches es ermöglicht, ohne grossen Zeitverlust viele Messungen dieser Art in ziemlich correcter Weise auszuführen.

Ehe ich die durch dieses Verfahren gefundenen Resultate bespreche, will ich noch kurz über ein anderes Instrument berichten, welches ich mir zu derselben Zeit construiren liess und Sehliniendistanzmesser oder Sehliniendiastometer nennen möchte.

An die vorderen dem Auge abgekehrten Ringe eines dem vorigen in allen Theilen identischen Brillengestells liess ich aus

möglichst leichtem Blech zwei je 45 Mm. lange, innen und aussen geschwärzte Cylinder schrauben mit einem Lumen, welches der Weite der Ringe gleich ist und einem Durchmesser von circa 37 Mm. entspricht. Diese Cylinder sind so befestigt, dass sie genau rechtwinklig zu der Querstange des Brillengestells stehen und die beiden Cylinderaxen an ihrem vordern, dem Auge abgekehrten Ende gerade so weit von einander abstehen als an ihren den Augen zugekehrten Enden. Die dem Auge abgekehrten Cylinderöffnungen sind durch eine Wand geschlossen, in welcher sich ein feiner Spalt von kaum $^1/_4$ Mm. Durchmesser befindet, der senkrecht von oben nach unten läuft und eine Länge von circa 30 Mm. hat.

Indem man dieses nicht zu schwere Gestell aufsetzt und, wie das vorhergehende, durch ein hinter dem Kopf durchgezogenes elastisches Band dermaassen befestigt, dass eine Verschiebung nicht wohl möglich wird, ist es einleuchtend, dass man mit Leichtigkeit die Cylinder an der Querstange so verschieben kann, dass mit jedem Auge durch den feinen Spalt der ihm entsprechenden Röhre nach einem fern gelegenen Gegenstande gesehen wird. Die lineare Messung der Distanz beider Spalten wird die Distanz beider Sehlinien wiedergeben.

Exactere Resultate würden mit diesem Instrumente zu erzielen sein, wenn die Cylinder eine grössere Länge hätten; dann aber wäre es wegen des Gewichtes nicht mehr möglich das Gestell auf der Nase zu tragen, und doch ist es gerade ein nicht zu unterschätzender Vortheil auch dieses Instrumentes, dass es am Kopfe befestigt wird, wodurch unwillkürliche Bewegungen desselben ohne Einfluss auf die Messungen bleiben.

Es ergibt sich von selbst, dass mit diesem Apparate die Sehliniendistanz auch bei vorhandenem Strabismus durch abwechselndes Verdecken des einen und des andern Auges, resp. Cylinderspaltes, gemessen werden kann.

Die dem Auge zugekehrten Ringe können auch hier zum Einsetzen von Correctionslinsen bei bedeutenderen Refractionsfehlern dienen.

Nicht verhehlen will ich jedoch, dass das Instrument den Nachtheil subjectiver Angaben mit sich bringt und ein gewisser Grad von Intelligenz nothwendig ist, um einen Tubus nach dem

andern richtig einzustellen. Letzteres wird am Leichtesten dann erreicht, wenn man, wie bei vorhandenem Strabismus, erst den einen und dann den andern einstellt, indem man unterdessen die Spalte des einen verdeckt.

Im Uebrigen gibt das Instrument sehr genaue Resultate und erheischt jede Untersuchung nicht mehr Zeit als eine solche mit dem Pupillendiastometer. Nur die späte Vollendung desselben verhinderte mich Paralleluntersuchungen an denselben Individuen mit beiden Instrumenten auszuführen und mögen dieselben daher einer späteren Zeit vorbehalten bleiben.

Gewiss brauche ich kaum erst zu sagen, dass es ein gewisses Interesse bot, mit der Messung der Pupillendistanzen diejenige der Orbitaldistanzen zu verbinden und zu untersuchen, ob und in welchem Verhältniss diese beiden Maasse zu einander stehen und so zugleich eine Idee darüber zu erhalten, wie weit durchschnittlich die Pupillenmitte resp. der ungefähre Drehpunkt des Auges vom äussern knöchernen Orbitalrand entfernt sei und ob diese Distanz vielleicht ebenfalls in gewissen Beziehungen zu Alter und Refraction stehe.

Die Messung der sog. Orbitaldistanz wurde von mir einfach mit einem Cirkel vorgenommen, dessen Spitzen ich mit Korkstückchen bewaffnete, welche ich so ausschnitt, dass sie einen nach vorn und aussen offenen Winkel bildeten, in welchen beim Aufsetzen der knöcherne Rand zu liegen kam.

Diese Messungen sind sehr leicht auszuführen. Nachdem beide Cirkelenden mit ihren Korken in der Pupillenhöhe möglichst genau auf den äussern Orbitalrand gesetzt worden, nimmt man

Ta-

Alter.		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Orbitaldistanz	H	81.1	81.1	83.2	*81.8*	*84.6*	*85.4*	*85.5*
	E	.	.	81.3	*80.5*	*81*	*86.5*	*85.5*
	M	.	.	.	*82.5*	*80.7*	*84.5*	*88.5*
	E + H	.	.	.	84	.	84	.
	E + M	.	.	.	.	.	.	.
	M + H	.	.	.	.	.	.	.

den Cirkel ab und misst mit einem Maassstab die Distanz zwischen beiden Winkelspitzen der Korke. Selbstverständlich können die so ausgeführten Messungen keinen Anspruch auf allzu grosse Genauigkeit machen, da die Dicke der Haut und des Fettpolsters sehr verschieden ist und der knöcherne Orbitalrand selbst bald mehr eine scharfe Kante bildet, bald mehr abgerundet ist. Gleichwohl sind sie brauchbar und lassen die Resultate ein gewisses Grundgesetz durchblicken.

Ich hielt es im Interesse der Deutlichkeit, Uebersichtlichkeit und Kürze die durch meine Messungen gewonnenen Resultate über Pupillen- und Orbitaldistanzen und die Differenz beider, nicht gesondert, sondern allesammt zu besprechen, da diese Maasse so sehr zusammengehören und in gewissem Verhältniss zu einander stehen, dass das Verständniss dadurch ebenfalls nur gewinnen kann.

Ursprünglich waren ausführliche Tabellen von mir geschrieben worden, welche sämmtliche Untersuchungen und Resultate des ersten Theiles meiner Arbeit für jedes Lebensjahr zusammengestellt und nach den verschiedenen Refractionszuständen und Graden und der Zunahme der Pupillendistanz geordnet enthielten, wodurch manche interessante Einzelheiten zu Tage traten, welche ich hier, um nicht zu ausführlich zu werden, nunmehr übergehen muss.

Aus Rücksicht für den Herrn Verleger und auf den Wunsch desselben folgen daher nur Durchschnittsresultate und wurde aus denselben Gründen auch im zweiten und dritten Theile dieser Schrift von ausführlichen Tabellen, wie sie im Manuscript vorlagen, Umgang genommen.

b e l l e 4.

XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	Minima und Maxima.	Durchschnitt.
86.2	90.1	*89.1*	*87.8*	90.5	.	77—96	85.8
92	.	*90.0*	*90.5*	.	.	77.5—92	86.6
89.2	88.2	*90.1*	*92*	87	.	79—94	86.9
.	.	89	87	.	.	84—89	.
86.2	.	86	.	.	.	85—88	.
88.25	.	87.5	.	.	90	87.5—90	.

Ta-

Alter.		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Pupillendistanz	H	55.4	54.1	56	*55.5*	*57.5*	*59.04*	*58.5*
	E	.	.	53.9	*56.0*	*55.25*	*60.2*	*58.13*
	M	.	.	.	*57.4*	*56.15*	*56.5*	*61.5*
	E + H	.	.	.	56.25	.	59.25	.
	E + M	.	.	.	.	.	.	.
	M + H	.	.	.	.	.	.	.
In jedem Lebensjahr [1] . . .		55.4	54.1	54.95	56.29	56.3	58.75	59.38
Maxima . . .		57	57	58.75	60	61.25	63.5	63.5
Minima . . .		51.25	51	53	50.3	54	54.5	53.25
Zahl der Fälle .		8	9	19	22	32	22	23

Ta-

Alter.		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Differenz zwischen Orbital- und Pupillendistanz resp. Entfernung zwischen Pupillencentrum und Orbitalrand.	H	25.7=12.9	27=13.5	27.2=13 6	*26.3=13.1*	*27.1=13.6*	*26.4=13.2*	*27=13.5*
	E	.	.	27.4=13.7	*24.5=12.2*	*25.8=12.9*	*26.3=13.2*	*27.4=13.7*
	M	.	.	.	*25=12.5*	*24.6=12.3*	*28=14*	*27=13.5*
	E + H	.	.	.	27.8=13.9	.	24.8=12.4	.
	E + M	.	.	.	.	.	.	.
	M + H	.	.	.	.	.	.	.

Durchgeht man die einzelnen Lebensjahre, Refractionsverhältnisse und Refractionsgrade bei den einzelnen Individuen, so findet man so ausserordentliche Schwankungen der Orbital- und Pupillendistanzen und die Minima und Maxima derselben in so weiten Grenzen sich bewegen, dass eine fast absolute Gesetzlosigkeit hier zu herrschen scheint.

Um so mehr müssen die schliesslichen, in den Tabellen 4, 5 und 6 zusammengestellten Durchschnittsresultate überraschen. Denn aus der Zusammenstellung der Orbital- und Pupillendistanzen nach Refractionsverhältnissen und Lebensjahren ergibt sich eine fast constante Zunahme dieser Distanzen mit den Jahren, wobei beide, die Orbital- und die Pupillendistanz in beinahe gleichem Verhält-

---

[1]) vgl. H. Cohn, Studien über angeborene Farbenblindheit. Breslau 1879. pag. 179 u. 180. F. Holmgren, Ueber den Augenabstand bei Farbenblinden. Arch. f. Ophth. Bd. XXV. Ab. 1. pag. 135.

belle 5.

XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	Minima u. Maxima	Durch-schnitt.	Total.
59.1	62.1	*60.5*	*60.4*	61.2	.	51—67	58.64	—
64.75	.	*63.4*	*59.4*	58.5	.	53—65.75	59.6	—
62.3	59.8	*60.0*	*64*	.	.	55.2—65.8	59.7	—
.	.	63.5	63.4	.	.	56.25—63.5	—	—
58.3	.	61.25	.	.	.	58.3—61.25	—	—
60	.	60.2	.	.	59.5	59.5—60.2	—	—
60.89	60.95	61.5	61.8	59.9	59.5	—	59.31	—
65.8	67	65.75	63.75	61.2	59.5	67	—	—
55.75	58	56.75	57.75	58.5	—	50.3	—	—
24	10	20	11	2	1	—	—	203

belle 6.

XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	Minima u. Maxima.	Durch-schnitt.
27.1=13.6	28=14	*28.6=14.3*	*27.4=13.7*	29.3=14.7	.	10.5—15.6	27.2=13.6
27.3=13.6	.	*26.6=13.3*	*31=15.6*	28.5=14.3	.	11.6—15.6	27=13.5
26.9=13.4	28.4=14.2	*30=15*	*28=14*	.	.	11.1—16.1	27.2=13.6
.	.	25.5=12.8	23.6=11.8	.	.	11.8—13.9	—
28=14	.	24.8=12.4	.	.	.	12.4—15	—
28.3=14.1	.	27.3=13.7	.	.	30.5=15.3	13.7—15.3	—

nisse Schritt halten, so dass die durchschnittliche sog. Differenz (Tab. 6.) oder die lineare Entfernung zwischen Pupillencentrum und Orbitalrand in allen Altern und bei allen Refractionszuständen fast dieselbe bleibt und die Schwankungen der Minima und Maxima der Differenz bei Weitem in engeren Grenzen sich bewegen als die Minima und Maxima der Orbital- und Pupillendistanzen.

Bei Berechnung der Durchschnittsresultate der Orbitaldistanzen sämmtlicher Hypermetropen, Emmetropen und Myopen (die übrigen Refractionsverhältnisse ziehe ich, weil zu wenig zahlreich vertreten, nicht in Betracht) gleichen Alters (Zahlen in Cursivschrift) ergaben sich (vgl. Tab. 4.) für:

$H = 85.8$ Mm.
$E = 86.6$ „
$M = 86.9$ „

Bei Berechnung der Durchschnittsresultate der Pupillendistanzen, ebenfalls nur für dieselben Altersjahre (vgl. Tab. 5.), für:

$H = 58.64$ Mm.
$E = 59.6$ „
$M = 59.7$ „

und als Differenz oder lineare Distanz zwischen Pupillencentrum und Orbitalrand (einseitig) (vgl. Tab. 6.) für:

$H = 13.5$ Mm.
$E = 13.5$ „
$M = 13.6$ „

Es ist mir daher wohl gelungen, grössere Durchschnittswerthe der Orbital- und der Pupillendistanz, sowie der Differenz zwischen beiden Maassen für die Myopie gegenüber der Hypermetropie und der Emmetropie nachzuweisen, allein ich finde den Unterschied (obschon zwischen H und E oder M ein grösserer sich erwiesen hat als zwischen E und M) so verschwindend klein, dass ich fast ebenso gut die Becker'schen (vergl. pag. 10) Resultate, nach welchen er grössere Durchschnittswerthe der Pupillendistanzen bei Myopie als bei Hypermetropie oder Emmetropie gefunden hat, bestätigen, als auch mit fast ebenso viel Recht die Horner'sche Ansicht, nach welcher die Durchschnittswerthe der Pupillendistanzen bei Hypermetropen keineswegs kleiner sind als diejenigen bei Myopen, theilen kann. Dagegen vermochte ich weder, wie Herr Prof. Becker, zu finden, dass „auch dem Grade der Myopie ein immer breiterer Abstand der Drehpunkte entspricht", noch, wie Herr Prof. Horner, dass „eine enorme Constanz der Pupillendistanz bei Emmetropen existirt", sondern dass bei Emmetropie ganz dieselben Schwankungen in der Entfernung der Pupillendistanzen vorkommen wie bei Hypermetropie und bei Myopie.

Vielleicht mag die jedenfalls grössere Zahl von Fällen, auf deren Untersuchung diese Beobachter sich stützen, der Grund sein für die Abweichungen meiner Resultate von den ihrigen, und es ist zu hoffen, dass weitere Untersuchungen zeigen werden, welche Resultate als die durchschnittlich richtigen zu betrachten sind.

Jedenfalls glaube ich, dass bis auf Weiteres die Mannhardt'sche Theorie über musculäre Asthenopie und Myopie, gestützt auf die bis dahin bekannt gewordenen Untersuchungen besonders über Pupillendistanzen bei den verschiedenen Refractionstypen, noch

nicht als erwiesen und bewiesen betrachtet werden darf[1]), und dass noch andere Factoren in Betracht zu ziehen sein werden, um dieser Theorie diejenige Gültigkeit zu verschaffen, welche sie in gewisser Beziehung verdient.

Schliesslich verband ich mit den bis dahin zur Sprache gekommenen Untersuchungen noch Messungen über den Horizontaldurchmesser der Iris und der Pupille, da ich wissen wollte, ob die Grössenverhältnisse dieser in irgend einer Beziehung stehen zu Alter und Refraction.

Die Messungen wurden einfach mit einem in halbe Millimeter getheilten Maassstabe ausgeführt. Die Pupillenweite wurde am Fenster gemessen, doch sind durch die Schwankungen der natürlichen Beleuchtung auch Schwankungen in den Resultaten eingetreten, so dass diese jedenfalls keinen grossen Anspruch auf Genauigkeit machen dürfen.

Für die Breite der Iris im Horizontaldurchmesser stellte sich das für mich etwas unerwartete Ergebniss heraus, dass ein Unterschied dieses Maasses weder für verschiedene Refraction noch für verschiedenes Alter, wenigstens nicht innerhalb der zur Untersuchung gekommenen Grenzen zu bestehen scheint, so dass der Irisdurchmesser im sechsten Lebensjahre bereits derselbe ist wie beim erwachsenen Menschen, während die übrigen Maasse und Grössenverhältnisse des Augapfels in diesem Alter meistens noch etwas kleiner gefunden werden.

Die Minima und Maxima zeigen keine grossen Schwankungen, und es lässt sich auch bei ihnen in keiner Weise eine Beziehung zum Refractionszustande oder gar Refractionsgrade eines Auges nachweisen.

Die Durchschnittsresultate sind für:

$H = 11.45$ Mm.
$E = 11.55$ „
$M = 11.33$ „

Was endlich die Pupillenweite betrifft, so ergab sich mir doch wenigstens so viel, dass sie weder zum Durchmesser der

---

[1]) vgl. Gräfe, Motilitätsstörungen in Gräfe und Sämisch's Handbuch der gesammten Augenheilkunde. 1875. Bd. VI. pag. 185 u. ff.

Iris, noch zum Alter, noch zur Refraction in irgend einem Verhältnisse zu stehen scheint.

Ich fand als Durchschnittsmaass derselben für:

$H = 3.6$ Mm.
$E = 4.0$ „
$M = 3.9$ „

Wenn etwas auffallen könnte, so wäre es das, dass coincidirend damit, dass die Emmetropen die grösste durchschnittliche Pupillenweite zeigten, auch der grösste Irisdurchmesser mit 11.55 Mm. auf sie fällt. Doch ist es ganz gut möglich, dass bei einer grösseren Reihe von Untersuchungen andere Verhältnisse zu Tage treten würden.

Erst gegen das Ende dieser ganzen Untersuchungsreihe maass ich noch in einer kleinen Zahl von Fällen die linksseitige Prominenz des Auges mit meinem Exophthalmometer. Ihre Zahl ist jedoch zu klein, als dass ich mit irgend welchen Vermuthungen oder gar mit bestimmten Angaben hervortreten dürfte.

Nachdem 203 Knaben von allen den erwähnten Gesichtspunkten aus untersucht worden waren, wurden mir noch 14 Mädchen im Alter von 15 und 16 Jahren zum selben Zwecke zur Verfügung gestellt und untersuchte ich auch diese in gleicher Weise. Nur das 15. Lebensjahr konnte, da es durch 12 Schülerinnen vertreten war, mit dem 15. Lebensjahre der Knaben verglichen werden. Aus den über diese entworfenen Tabellen erwies sich zur Evidenz, dass die bei den Mädchen gefundenen Maasse in keiner, jedenfalls in keiner nur irgend nennenswerthen Weise von den bei den Knaben gefundenen sich unterschieden und unterlasse ich deshalb eine eingehendere Besprechung, wie auch die Angabe von Durchschnittsresultaten.

II. Theil.

Untersuchungen an menschlichen Schädeln.

Schon seit Jahren beschäftigte mich der Gedanke, eine Reihe von Horizontal- und Verticalschnitten der Orbitae menschlicher Schädel verschiedenen Geschlechts, Alters und verschiedener Raçe zu sammeln, hoffend, ich werde dadurch vielleicht einige Anhaltspunkte zur Erklärung der Ursachen verschiedener Refractionstypen erzielen können, insbesondere, wenn es mir gelingen sollte, Horizontal- und Verticalschnitte auch solcher Schädel zu gewinnen, bei welchen ausgesprochene Refractionsanomalien während des Lebens bestanden hätten und als solche genau bestimmt worden wären.

Noch mehr wurde ich in diesem Gedanken bestärkt durch die Arbeit von J. Mannhardt[1]), ferner durch die schon im I. Theile erwähnten Mittheilungen über Pupillendistanzen, und endlich, indem ich durch eine immer grössere Zahl von Beobachtungen an Fällen aus der eigenen Praxis, durch meine Schuluntersuchungen[2]) und in neuester Zeit durch meine ebenfalls im I. Theile dieser Arbeit niedergelegten eigenen Messungen an die Möglichkeit, ja selbst Wahrscheinlichkeit zu denken anfing, dass Schädel resp. Orbita und Auge in gewissem Grössen-, Maass-, Stellungs- und Richtungsverhältnisse zu einander stehen möchten.

Zu Untersuchungen an Schädeln konnte sich mir nirgends hin-

---

[1]) Mannhardt, J. Musculäre Asthenopie und Myopie. 1871. Arch. f. Ophth. Bd. XVII. Ab. 2. pag. 69.

[2]) Refractions- und Accommodationsanomalien des menschlichen Auges, Bern 1877.

reichend zahlreiches und entsprechenderes Material bieten als in dem Museum der hiesigen Anatomie. Ich benütze mit Freuden diese Gelegenheit dem Director dieses Museums, Herrn Prof. Dr. Ch. Aeby, meinen aufrichtigsten und wärmsten Dank auszusprechen für die zuvorkommende Bereitwilligkeit, mit welcher er mir die ganze Sammlung von Schädeln, inländischen und fremden, zur Verfügung stellte. Auch Herrn Dr. Theophil Stüder, Prof. der Zoologie in Bern, fühle ich mich veranlasst sehr dankbar zu sein, indem er mir zwei Schädel aus Neu-Irland und zwei aus Neu-Brittannien zur Untersuchung überliess, welche er von einer Reise nach den Kerguelen mitgebracht hatte.

So wurde es mir möglich, 64 Schädel zu untersuchen, und zwar 44 inländische und 20 fremde.

Es blieb nur noch übrig, eine geeignete Methode zu finden, um genaue Horizontal- und Verticalschnitte der Orbitae in möglichst kurzer Zeit zu erhalten, wobei zugleich die Stellung der beiden Orbitae zu einander richtig wiedergegeben werden konnte, ohne die Schädel zu diesem Zwecke in Stücke sägen zu müssen.

Herr Prof. Aeby hatte die Güte, mir zu diesen Untersuchungen einen Coordinatenapparat zu empfehlen und anzuvertrauen. Mit einem solchen ist man im Stande die drei geradlinigen Dimensionen, d. i. die horizontale, die verticale und die Tiefendimension zu messen.

Für Diejenigen, welchen dieser Apparat unbekannt sein sollte, will ich eine kurze Beschreibung desselben folgen lassen.

In die Ecken eines länglich-viereckigen, auf Stellschrauben ruhenden Brettes sind 4 senkrechte, runde, circa 1 Fuss oder 30 Cm. lange Metallstangen eingefügt, welche an ihren obern Enden durch eine viereckige Holzrahme fest miteinander verbunden und dadurch vollständig fixirt sind. Zwischen zwei der verticalen Metallstangen der einen Längenseite des Brettes kann ausserdem ein flacher, in Millimeter getheilter Maassstab mittelst Metallhülsen, welche die beiden verticalen und selbst wieder in Millimeter getheilten Stangen umfassen, nach oben und nach unten verschoben werden. An diesem horizontalen Maassstabe befindet sich ebenfalls eine Hülse, welche nach rechts und links verschiebbar ist und in derselben ein schmaler, circa 45—50 Mm. langer und in Millimeter getheilter Maassstab, welcher rechtwinklig zu dem die

beiden Säulen verbindenden steht und vor- und rückwärts geschoben werden kann. Er trägt vorn eine 3—4 Cm. lange Stahlspitze, welche dazu dient, diejenigen Punkte zu berühren, deren Lage bestimmt werden soll.

Bei Messungen am Schädel wird derselbe in einem besonders dazu construirten Stativ befestigt und dieses in die Mitte der vier Säulen auf das länglich-viereckige Brett gestellt. Es ist nun einleuchtend, dass durch Verschieben der an den Säulen befestigten Querstange, ferner durch Verschieben der an dieser laufenden Hülse und durch Verschieben des in dieser laufenden Maassstabes mit Stahlspitze, letztere auf jeden beliebigen Punkt des Schädels gerichtet und so eine ganze Menge von Punkten bestimmt und gemessen werden kann, um wie viel der eine mehr nach rechts oder links, höher oder tiefer, näher oder entfernter als ein anderer oder als der Ausgangspunkt gelegen ist. Wenn der Schädel möglichst vertical gestellt ist, so lässt sich mit Leichtigkeit ein Horizontaldurchschnitt der Orbitae gewinnen, indem man die Stahlspitze in einer Horizontalebene allmälig und nur millimeterweise vorrücken und sämmtliche Punkte dieser Ebene berühren lässt. Die jeweilige seitliche oder Tiefenverschiebung des Maassstabes wird auf Millimeterpapier übertragen. Sehr schwierig ist es jedoch, den Schädel so zu fixiren, dass leichte Verrückungen desselben, wie sie schon durch die wiederholte Berührung mit der Stahlspitze entstehen und welche Differenzen von $^1/_2$ Mm. oder mehr hervorrufen können, vermieden werden. Eine andere Schwierigkeit bei den Messungen mit dem Coordinatenapparat liegt in der geraden Stahlspitze. Es ist nämlich unmöglich, dieselbe in alle Einbuchtungen der Orbitalwandungen hinein- und um alle Ausbuchtungen derselben herumzuführen, wie dieses bei Messungen in der Horizontalebene besonders bei der Grube hinter dem äusseren Orbitalrand und für den hinteren Theil der inneren Orbitalwand und bei Messungen in der Verticalebene hinter dem Supraorbitalrand nothwendig wäre. Um diese Schwierigkeit zu beseitigen, liess ich mir einen neuen Maasstab mit verschieden gekrümmten, anschraubbaren Stahlspitzen anfertigen und es gelang allerdings, dem genannten Uebelstande abzuhelfen. Allein dieser letztere wurde nunmehr dadurch ersetzt, dass die gekrümmten Stahlspitzen bei etwas stärkerem Andrücken federnd nachgaben, wodurch häufig unvermerkt Fehler entstanden.

Zu Messungen von Verticaldurchschnitten der Orbitae kann der Schädel nicht in der ursprünglichen Lage gelassen werden und entstehen dadurch neue Schwierigkeiten.

Während nämlich zu Messungen von Horizontalschnitten die Frontalebene des Schädels den Maassstäben zugekehrt sein muss, ist es zu Messungen von Verticalschnitten nothwendig, dass der Schädel, da die Orbitalöffnungen mehr seitlich gewendet sind, für die rechte und für die linke Orbita jeweilen so gedreht werde, dass eine nach der andern gegen die Maassstäbe gekehrt sei. Abgesehen davon, dass durch diese verschiedenen Verrückungen ausserordentlich leicht grobe Irrthümer entstehen, verbindet sich damit noch eine technische Schwierigkeit. Ausser Tiefen- müssen hier nämlich statt Seiten- noch Höhenmessungen ausgeführt werden, welche ungleich schwieriger und mühsamer sind als Horizontalmessungen. Da es also viel leichter fällt, Tiefen- und seitliche Abweichungen, als Tiefen- und Höhenabweichungen genau zu messen, so thut man am Besten, den Schädel so zu legen, dass die zu messende Verticalebene eine Horizontalebene werde. Für die rechte und für die linke Augenhöhle muss somit der Schädel verschieden gelegt werden. Diese verschiedenen Lagerungen führen aber offenbar auch hier sehr leicht zu Ungenauigkeiten, wenn auch an und für sich mit dem Coordinatenapparate ziemlich genaue Resultate erzielt werden könnten. Dagegen kommt beim Gebrauche desselben noch hinzu, dass bei Messungen von Hohlräumen, wie dieses für die Orbitae der Fall ist, um deren Form vollständig zu erhalten, nur Millimeter um Millimeter vorgerückt und gemessen werden darf und dadurch eine ganz enorme Zeit in Anspruch genommen wird, wie ich aus eigener Erfahrung zur Genüge versichern kann.

Diess veranlasste mich nach Methoden zu forschen, welche bei gleicher Genauigkeit rascher zum Ziele führen.

Mein nächster Gedanke war daher, Abdrücke oder Abgüsse der Augenhöhle in ihrer Totalität oder nur in verschiedenen Durchmessern zu nehmen. Als zu solchen Zwecken zu verwendende Materiale konnte an Lehm, Gyps und Wachs gedacht werden.

Lehmmethode. Lehm ist eine Substanz, welche besser als irgend eine andere sich behandeln und jeglichen Formen anpassen lässt, ohne dass bedeutenderer Druck auf die letzteren ausgeübt werden muss. Einmal angepasst, trocknet er in 24 Stunden zu

einer festen, harten Masse zusammen, trennt sich dabei selbst von den anliegenden Wandungen und kann dann mit Leichtigkeit von denselben entfernt werden.

Meine ersten Versuche machte ich mit frischem grauem Lehm auf zwei verschiedene Arten. Ich schnitt mir ein Stück ungefähr von der Form der Orbita und presste es in dieselbe hinein, bis ich sah, dass es überall anliege, nahm es hierauf wieder heraus, schnitt es horizontal durch, sodass ich eine glatte horizontale Schnittfläche erhielt, brachte es dann wieder in die Orbita und sah nun leicht, ob die Ränder der Schnittfläche die Orbitalwand überall genau berührten; war dieses nicht der Fall, so konnten Lücken leicht ausgefüllt, Erhabenheiten weggeschnitten werden; war die Fläche glatt, so wiederholte ich dasselbe in der anderen Orbita, verband dann die rechte und die linke Orbitalplatte über den knöchernen Nasenrücken hinweg mit einer starken Brücke aus Lehm und liess das Ganze liegen, bis es trocken war. Am andern Tage wurde die ganze hart gewordene Masse herausgenommen und den Rändern mit einem Bleistift nachfahrend, konnten die Contouren des Abdrucks der Orbitae sammt Nasenrücken auf Papier übertragen werden.

Diese Methode wäre bei einiger Uebung sehr entsprechend, wenn es nicht häufig vorkäme, dass einzelne Theile der Lehmmasse beim Trocknen abspringen, die Ränder abbröckeln und die Schädel sehr beschmutzt würden. Dasselbe Material benützte ich in Form von langgeschnittenen weichen Streifen oder Riemen, die ich in der Horizontalebene der Orbita genau an die Wandungen andrückte. Auf diese Weise hoffte ich noch exactere Abdrücke zu erhalten und die Arbeit zu beschleunigen und zu erleichtern, Dinge, die sich wirklich bestätigten. Leider aber brachen diese dünnen Rahmen beim Trocknen noch leichter als die soliden Stücke, und zwar, selbst ohne dass man sie berührte, noch während sie in der Orbita lagen.

Wie ich später von Künstlern vernahm, lag der Grund der Brüchigkeit nur in einer schlechten Lehmmasse, doch war ich bei Versuchen mit besserer nicht glücklicher.

Nach den gemachten Erfahrungen versuchte ich nun die

Wachsmethode. Es lag nahe, daran zu denken, Wachs in Platten, nachdem die Ränder derselben durch Wärmen weich ge-

macht waren, so in die Orbita zu pressen, dass sie einen vollständigen Abdruck derselben erhalten. Diese Methode ist, wenigstens mit gewöhnlichem weissem oder gelbem Wachs, unausführbar. Die Wandungen der Orbita, namentlich die inneren, sind viel zu schwach, um einem so intensiven Drucke, wie er zum genannten Zwecke nothwendig ist, hinreichend Widerstand zu leisten. Jeder Schädel würde auf diese Weise zu Grunde gerichtet.

So versuchte ich, wie beim Lehm, nur Wachsstreifen an die Wandungen anzudrücken. Aber auch diese Methode erwies sich als nicht zum Ziele führend. Denn dicke Streifen passen sich nicht an ohne intensiven Druck, wie er in der Orbita nicht angewandt werden darf, dünne Streifen passen sich an, sind aber elastisch, heben sich manchmal von der Stelle, an welche sie gepresst sind, wieder ab und verlieren beim Herausnehmen ihre Form. Auch von dieser Methode wurde Umgang genommen.

Ich versuchte noch Wachs durch Beimischung von etwas Terpenthinöl weicher zu machen, was allerdings gelang, sodass es mit Leichtigkeit z. B. an die Orbitalwandungen angepresst werden konnte und deren Form annahm; nur schade, dass so behandeltes Wachs nun klebrig wird und wohl angepresst, aber nicht wieder weggenommen werden kann, ohne seine Form zu verlieren.

Auch versuchte ich die Orbita in 2 Hälften, eine obere und eine untere, auszugiessen. Zu diesem Zwecke ist es aber nothwendig, dass jede feinste Oeffnung in der Orbita zuerst fest verschlossen werde, sonst läuft das ganze heiss eingegossene Wachs ab, oft ohne dass man weiss, wohin. Da es jedoch unmöglich ist, namentlich an Schädeln mit defecten Wandungen, wie es gerade die werthvollsten und seltensten oft sind, Defecte so genau mit einer Masse zu verschliessen, ohne dass bei der Wiederwegnahme dieser Masse der Knochen leide, so musste auch die Wachsmethode aufgegeben werden.

Gypsmethode. Da Gyps nur in flüssiger oder breiiger Form dahin gebracht werden kann, wo man ihn haben will, so ist es selbstverständlich unmöglich, Abgüsse nur des Horizontal- oder Verticaldurchmessers zu erhalten, es muss ein grösserer Theil der Orbita ausgegossen werden. Die ganze Orbita mit einem Male auszugiessen, ist nicht möglich, weil die Orbitalöffnung meist enger ist als der Orbitalraum innerhalb der Orbitalränder, sodass die

festgewordene Masse nachher nicht herausgenommen werden kann, auch müsste man die hart gewordene Gypspyramide nachträglich in der Mitte auseinanderschneiden, um einen Horizontalschnitt der Orbita zu erhalten. Nachdem ich daher alle in der Orbita sichtbaren Oeffnungen, was bei Gyps in dieser scrupulösen Weise nicht nothwendig ist, wie bei Wachs, welches viel flüssiger ist, mit Lehm verschlossen hatte, und die Orbitalwandungen zuerst mit Oel bestrichen hatte, indem der Gyps den Wandungen sonst anhaftet, goss ich gut zubereiteten Gyps in die Orbita und füllte die untere Hälfte, sodass die Flüssigkeitsfläche mit dem Horizontalschnitt der Orbita gerade zusammen fiel. Nach 24 Stunden konnte die fest gewordene Masse durch leichtes Klopfen aus der Orbita entfernt werden. Diese Methode würde nicht schlecht sein, wenn es nicht nothwendig wäre, alle Oeffnungen der Orbita z. B. mit Lehm vor dem Eingusse zu verschliessen und die Wandungen mit Oel zu bestreichen, dann aber bricht fast jedesmal bei der Herausnahme die Spitze der Pyramide mit dem Abguss der Apertura orbitalis foraminis optici und der fissura orbitalis superior ab und bröckelt auch nicht selten ab, sodass an eine Reconstruction der Spitze nicht zu denken ist.

Keine der soeben besprochenen Methoden zur Ausmessung von Horizontal- und Verticalschnitten der Orbitae vermochte mich nach den gemachten Erfahrungen zu befriedigen, und obschon ich bereits Wochen diesen Versuchen im Jahre 1876 geopfert hatte, konnte ich mich nicht entschliessen, dieselben fortzusetzen und meine begonnenen Untersuchungen wieder aufzunehmen, ehe und bevor ich eine vollkommenere, exactere und rascher zum Ziele führende und meine verfolgten Zwecke erreichende Methode gefunden hätte. Erst im Frühjahr vorigen Jahres gelang es mir, auf sehr einfache Weise zu Messungsresultaten zu gelangen, welche den gehegten Wünschen und den an sie gestellten Forderungen hinreichend entsprachen. Ich verband nämlich directe Cirkelmessung mit dem Gebrauche eines äusserst einfachen, von mir zu diesem Zwecke erfundenen und weiter unten zu beschreibenden Instruments.

Mit dem Cirkel werden alle diejenigen Punkte bestimmt, welche bekannt sein müssen, um daraus die Grösse und Lage der Orbita und beider Orbitae zu einander construiren zu können, mit

dem Instrumente dagegen die Krümmungsverhältnisse der Orbitalwandungen.

Vor Allem ist es aber nothwendig, bei jedem Schädel dessen Augenhöhlen ausgemessen werden sollen, die Horizontalebene derselben zu finden. Um jedoch eine Horizontalebene der Orbita bestimmen zu können, muss der Schädel selbst so gestellt werden, dass die Horizontalebene der Orbitae einer Horizontaldurchschnittsebene des Schädels parallel oder zu dessen Verticalaxe rechtwinklig stehe.

Eine Horizontalebene des Schädels zu finden ist aber äusserst schwierig, lassen sich doch verschiedene Standpunkte bei dieser Frage einnehmen und sind Ansichten und Anschauungen auf diesem Gebiete z. Th. von einander abweichend.

Herrn Prof. Virchow's erschienenem Werke (Beiträge zur physischen Anthropologie der Deutschen mit besonderer Berücksichtigung der Friesen. 2. Abdruck. Berlin 1877) entnehme ich, dass eine Horizontalebene des Schädels für die Anthropologen überhaupt nur insofern Werth zu haben scheint, als dieselbe einen Anhaltspunkt gibt, auf derselben eine Verticale zu errichten und so die Höhe des Schädels zu messen. Allein es lässt sich hiebei ein anthropologischer, ein anatomischer oder vergleichend-anatomischer und ein künstlerischer Standpunkt einnehmen, und je nach diesem werden eben die Ansichten über diese Ebenen von einander abweichen.

Indem ich diese Angelegenheit berühre, kann es keineswegs meine Absicht sein, die über diese Fragen herrschenden Ansichten zu besprechen oder gar einer Kritik unterwerfen zu wollen, dagegen kann ich, um den von mir eingeschlagenen Weg zu begründen, nicht unterlassen, die Anschauungen Einiger über eine Horizontalebene des Schädels mit wenigen Worten darzuthun.

Nach Prof. Virchow ist Herr Broca [1]) der Ansicht, dass am Lebenden die horizontale Sehaxe oder die Blickrichtung das einzige Merkmal sei, dass der Kopf horizontal stehe. „Die horizontale Sehaxe sucht er, indem er vom Sehloch aus eine Linie zur Mitte der vorderen Orbitalöffnung zieht. Dieser Linie ist nach

---

[1]) Broca, Bulletin de la société anthropologique de Paris. 1862. T. III. p. 518. Mémoires de la soc. anthrop. de Paris. 1868. T. III. p. 111. Pl. VI.

ihm diejenige parallel, welche von der Grundfläche der Processus condyloides zur Mitte des Alveolarrandes des Oberkiefers gezogen wird. Errichtet man über dieser Horizontalen eine Senkrechte, welche die Mitte des vorderen Randes des Hinterhauptloches schneidet, so gewinnt man die verticale Höhe, indem man die Entfernung der Stelle der Schädelwölbung misst, wo diese Senkrechte die äussere Fläche des Schädels trifft."

Herr Prof. Virchow lässt es mit Recht sehr zweifelhaft, ob wirklich eine vom Foramen opticum zur Mitte der äusseren Orbitalöffnung gezogene Linie der horizontalen Augenaxe entspricht, denn wenigstens meine Untersuchungen haben mir fast ausnahmslos gezeigt, dass diese Linie nicht der horizontalen entspricht, sondern gegen die Orbitalöffnung mehr oder weniger stark absteigend sein würde.

Herr Prof. Aeby [1]) hat als Horizontale diejenige Linie gewählt, welche in der Mitte des vorderen Randes des Hinterhauptloches anfängt und an der Nasofrontalnaht endigt. Für craniometrische Zwecke scheint diese Linie grosse Vortheile zu bieten und ganz besonders zu vergleichend-anatomischen Untersuchungen.

Eine andere Horizontale wählten die Herren Lucae, v. Bär [2]) und Ecker [3]), welche diejenige Linie als Horizontale wählten, welche an den hintern Rand des Hinterhauptloches gelegt, dem obern Rande des Jochbogens parallel steht. Noch eine andere Horizontale wählten die Herren Rütimeyer und His [4]), indem sie die vorhin genannte Ebene nicht dem oberen Rande des Jochbogens parallel, sondern mit ihrem vordern Ende gegen den vordern Nasenstachel richteten. Endlich hat Herr von Ihering [5]) als Horizontale eine von der Mitte der äussern Ohröffnung zum

---

[1]) Ch. Aeby, Eine neue Methode zur Bestimmung der Schädelform von Menschen und Säugethieren. Braunschweig 1862. p. 10.

[2]) C. E. v. Bär. Crania selecta ex thesauris anthropologicis acad. imper. Petropol. 1859. Bericht über die Zusammenkunft einiger Anthropologen in Göttingen. Leipzig 1861.

[3]) A. Ecker. Crania Germaniae meridionalis occidentalis. Freiburg i. Br. 1865.

[4]) Ludw. Rütimeyer und W. His. Crania helvetica. Basel und Genf 1864.

[5]) H. v. Ihering. Zur Reform der Craniometrie. Zeitschr. f. Ethnologie. 1873. Bd. V.

untern Rande der Augenhöhle gezogene Linie genommen. Herr Virchow selbst zieht letztere, d. h. die Auriculo-Orbitallinie anderen Horizontallinien vor, ganz besonders auch deshalb, weil es durch diese möglich wird, selbst bei defecter Schädelbasis, noch Höhenmessungen des Schädels vorzunehmen und diese Linie eventuell auch am Lebenden Verwendung finden kann.

(Anm.: Bei Gelegenheit der Erwähnung des höchst interessanten Werkes von Virchow und der Berührung anthropologischer Fragen kann ich nicht mit Stillschweigen über eine ethnographische Frage hinweggehen, welche in dem erwähnten Werke ausführliche Erörterung gefunden und ganz besonders auch die Ophthalmologen interessiren muss. Ich bringe diese Mittheilungen selbstverständlich nicht für diejenigen, welchen diese Arbeit bekannt ist, sondern für diejenigen, welche keine Kenntniss von derselben haben — und ich glaube nicht im Unrecht zu sein, wenn ich annehme, dass das letztere bei einer grösseren Zahl der Fall sein dürfte.

Wenn ich gleich in medias res eintrete, so wirft Prof. Virchow die Frage auf:

„Wie entstehen die in demselben Volke hervortretenden, verschiedenen Typen? Das ist die zu beantwortende Frage.

Eine Antwort kann in zwei verschiedenen Richtungen gesucht werden. Es ist denkbar, dass in einem Volke der ursprünglich einfache Typus sich nach und nach durch äussere Einflüsse, durch Klima, Nahrung, Beschäftigung, natürliche Zuchtwahl, sei es im Ganzen, sei es nur in einzelnen Abtheilungen, ändert, und dass im letzteren Falle neben Stämmen, welche den ursprünglichen Typus bewahren, andere mit neuen Typen erscheinen. Es ist aber auch denkbar, dass alle Aenderungen des Typus sich nur durch Vermischung verschiedener Völker erklären, wie bald die Eroberung, bald die friedliche Einwanderung und der gewöhnliche Verkehr der Menschen sie mit sich bringen. In beiden Fällen ergibt sich für die wissenschaftliche Aufgabe die Forderung, den Urtypus des Volkes zu suchen, gleichviel, ob sich aus ihm durch Derivation neue Typen gestaltet haben oder ob er nur als ein Element der Mischung mit andern Typen anzusehen sein sollte etc. etc.

Man könnte meinen, eine solche genetische Forschung müsse sich am Besten ausführen lassen, wenn man sie recht weit rückwärts in dem Entwicklungsgange der Völker begänne.“

„Welcher Fortschritt wäre es, wenn es gelänge, den Typus des Urgermanen, des Urcelten, des Urslaven aus den Höhlen- oder Gräberfunden herzustellen!“

„Wer beweist uns aber“, fragt Virchow, „dass ein in einem prähistorischen Grabe gefundenes Skelet, wirklich einem jener Urtypen angehört?“

Wegen der Unsicherheit dieses Beweises, meint er, darf es eben nicht die Schädelform oder der Skeletbau allein sein, welcher in einem gegebenen Falle den Entscheid geben kann, wenn nicht archäologische Merkmale mithelfen.

„So ist es möglich geworden“, fährt V. fort, „auch für Deutschland eine gewisse Kategorie von Gräberfunden archäologisch und osteologisch zu bestimmen, die sog. Alemannen- und Frankengräber.“ In Frankreich, Belgien, Süddeutschland (Reihengräber), am Mittelrhein, in Bayern, Mitteldeutschland sollen solche nachgewiesen worden sein, und es „muss zugestanden werden, dass die Schädelform in diesen Gräbern eine sehr beständige ist, nämlich die dolichocephale und orthognate.“

„Darf man nun nicht einen Schritt weiter gehen und diese Schädelform auch für diejenigen Gräber als entscheidend ansehen, wo keine genügenden archäologischen Merkmale gefunden werden?“ „Meiner Meinung nach, sagt Virchow, ist trotz aller Wahrscheinlichkeit das Urtheil noch zurückzuhalten.“

„Die Vorstellung der klassischen Schriftsteller von der Originalität des germanischen Typus ist in so prägnanten Ausdrücken auf uns gekommen, dass wir Alle schon in unsere frühesten Anschauungen die Hauptzüge des Bildes aufgenommen und darnach einen lebendigen, aber zugleich ganz einheitlichen Eindruck gewonnen haben. Es sind hauptsächlich drei Züge, welche sowohl die römischen als die griechischen Schriftsteller immer wiederholen: die Grösse des Körpers, das blonde oder eigentlich röthliche Haar und das rosige Gesicht. Sonderbarerweise wird das blaue Auge ungleich seltener erwähnt, wie mir scheint, zum deutlichen Zeichen, dass auch damals schon in Italien und Griechenland die Blauäuigkeit etwas weniger Ungewöhnliches war.“

„Obschon nun auch andere Stämme genannte Eigenschaften gehabt zu haben scheinen und diese Merkmale nur mehr eine quantitative Bedeutung in der Art behalten, dass das Haar der Germanen mehr röthlich, ihre Hautfarbe mehr weiss und am Gesichte mehr rosig, ihre Statur kräftiger, wahrscheinlich auch das Blau ihrer Augen heller und mehr leuchtend (χαροπός) war, können wir demjenigen, was die Gräberfunde uns über die Osteologie der alemannisch-fränkischen Stämme gelehrt haben, diese Merkmale der unmittelbaren Anschauung, diese historischen Merkmale hinzufügen.“

„Nichts scheint entgegenzustehen, dass wir Dolichocephalie, Orthognathie, grosse Statur, blondes Haar, blaue Augen und helle Haut mit rosiger Färbung des Gesichts als typische Eigenschaften dieser Stämme festhalten. Und wenn wir sehen, in welcher Ausdehnung noch heutigen Tages der germanische Norden, Skandinavien und das angelsächsische Britannien dieselbe physische Erscheinung ihrer Stammesangehörigen zeigen, so liegt sicherlich die Schlussfolgerung nahe, dass diess in der That der allgemeine germanische Typus war.“

„Nach dem Urtheile aufmerksamer Beobachter, namentlich Fremder“, scheint dieser Typus je länger desto mehr im Verschwinden zu sein. Nicht nur in den grösseren Städten scheint dieses der Fall zu sein, sondern auch „in ländlichen Bezirken, welche von den Verkehrsstrassen abseits liegen, und lassen diese in dem Maasse, als die Schädelform brachycephal wird, ein stärkeres Hervortreten, ja ein Ueberwiegen dunkler, brünetter Elemente erkennen. Während Haare und Augen braun werden, bleibt das Körperwachsthum häufig zurück, und namentlich bei dem weiblichen Geschlechte treten nicht selten die Zähne und Lippen so stark hervor, dass der Eindruck eines wirklichen Prognathismus entsteht. Jedes der Hauptmerkmale wird in sein Gegentheil verkehrt.“

„Nichts ist natürlicher, als der Gedanke, dass diess keine germanischen Elemente seien, dass hier fremde, allophyle Abstammungen zur Erscheinung kommen. Im Westen unseres Vaterlandes ist man sofort geneigt gewesen, wallonische und damit celtische Einflüsse heranzuziehen; den Osten hat man angeschuldigt, von Slaven inficirt zu sein. Aber wenn ursprünglich auch die Galater ξανθοὶ und die Slaven ὑπέρυθροι waren, wie kann

man dann von ihnen eine brünette Nachkommenschaft ableiten? So ist man schliesslich auf die Finnen gekommen. In ihrer mongolischen Abstammung hat man alle diejenigen Merkmale vereinigt zu finden geglaubt, welche man zu erklären hatte: die gelbe Haut, das dunkle Haar, die braunen Augen, die kleine Gestalt, die Kurzköpfigkeit und den Prognathismus.

Leider war die Erklärung den Thatsachen vorbeigelaufen. Ich habe bei einer Reise durch verschiedene Provinzen Finnlands durchweg eine hellfarbige Bevölkerung mit weisser Haut, blondem oder hellbraunem Haar, blauen Augen, hohem und kräftigem Körperbau gefunden. Nur die Kurzköpfigkeit trifft zu, aber nicht mehr der Prognathismus. Es ist also vielmehr die Thatsache evident geworden, dass Kurzköpfikeit an sich noch nicht den brünetten Charakter der Hautgebilde und der Iris mit sich bringt, gleichwie Langköpfigkeit keineswegs zu dem Schlusse auf helle Farbe der Haut, der Haare und der Augen berechtigt. Wissen wir doch, dass die Mehrzahl der schwarzen Raçen langköpfig ist!

Ein brachycephaler Gräberfund ist daher so wenig ein Beweis für die Angehörigkeit des Begrabenen zu einer dunklen Raçe, wie ein dolichocephaler ein genügendes Zeugniss für die Hellfarbigkeit desselben darstellt.“

„Die deutsche anthropologische Gesellschaft hat es daher für nothwendig erachtet, zur naturwissenschaftlichen Erforschung der ethnologischen Verhältnisse unseres Vaterlandes umfassende Territorial-Erhebungen über die physische Beschaffenheit der Bevölkerung in Angriff zu nehmen. Da es unmöglich ist diese Erhebungen sofort in der ganzen Breite der zu verfolgenden Richtungen zu veranstalten, zumal, da das Kriegsministerium es abgelehnt hat, bei der Rekrutirung oder im stehenden Heere solche Erhebungen stattfinden zu lassen, so hat sich die Gesellschaft vorerst darauf beschränkt, die gelehrten Forscher zu einer Sammlung und Veröffentlichung des wissenschaftlichen Materials aufzufordern und zugleich durch ganz Deutschland Erhebungen in den Schulen anzuregen, letztere mit der besonderen Absicht, über das Vorkommen und die Verbreitung jener vorzüglichsten historischen Merkmale, der Farbe der Haare, der Haut und der Augen ein genaues statistisches Bild zu gewinnen, welches zugleich die Anhaltspunkte für die weitere Lokalforschung bieten könnte.“

„Gegenüber den sehr willkürlichen Annahmen einzelner, wenn auch sehr hervorragender Gelehrten und den sehr mageren Zahlen mancher Reisenden gewähren sie zum ersten Male ein grosses und, wie ich glaube, sicheres Bild der gesammten jugendlichen Bevölkerung. Um jedoch hier nicht zu weit auszugreifen, so beschränke ich mich darauf, die preussischen und die bayrischen Erhebungen in einigen Punkten zusammenzustellen, da sie die grössten Landstrecken umfassen und die Vergleichung des Nordens und des Südens unseres Landes vollkommen gestatten.

Die preussische Erhebung[1]) betrifft im Ganzen 4,127,766 Schüler und Schülerinnen, die bayrische[2]) 760,379, beide zusammen umfassen demnach 4,888,045 Personen. Darunter zeigten

1) blonde Haare, blaue Augen, weisse Haut . 33.11 pCt.,
2) braune Haare, braune Augen, weisse Haut . 9.09 „
3) braune Haare, braune Augen, braune Haut 2.86 „
4) schwarze Haare, braune Augen, braune Haut 1.12 „

Es ergibt sich daraus, dass die historischen Merkmale des altgermanischen Typus sich allerdings nur noch bei einem Drittheil aller Schulkinder in Preussen und Bayern vereinigt finden. Rechnet man die Kategorien 2—4, welche die Kinder mit braunen Augen, braunen oder schwarzen Haaren und weisser oder brauner Haut umfassen, zusammen, so erhält man für den brünetten Typus 23.07 pCt., also nahezu ein Viertheil aller Schulkinder. 43.82 pCt., mehr als $^2/_5$ aller Schulkinder, gehören dem gemischten Typus an.

Vergleicht man aber die Verhältnisszahlen für Preussen und für Bayern in getrennter Berechnung miteinander, so erhält man folgendes Ergebniss:

	Preussen.	Bayern.
1) blonde Haare, blaue Augen, weisse Haut	35.47	20.36
2) braune Haare, braune Augen, weisse Haut	8.40	12.84
3) braune Haare, braune Augen, braune Haut	2.47	5.17
4) schwarze Haare, braune Augen, braune Haut	0.76	3.08.

---

[1]) Correspondenzbl. d. deutsch. Gesellsch. f. Anthropologie. 1876. No. 5.
[2]) Zeitschrift des Kgl. Bayerischen Statistischen Bureau's. 1875. No. 4.

Man ersieht auf den ersten Blick, dass die blonde Raçe im Norden, die brünette im Süden stärker vertreten ist.

In Bayern selbst stellt sich ein ähnlicher Gegensatz der nördlichen und südlichen Kreise heraus, wobei ganz besonders das Donaugebiet als die Verbreitungsstrasse der Braunen hervortritt. Das Gesagte wird aber schon hinreichen, um darzuthun, wie sehr berechtigt die Frage nach der territorialen Vertheilung der verschiedenen Kategorien ist. Immer noch ist der Norden, aus welchem dereinst die blonden Eroberer, die Cimbern, die Sueven, die Franken und die Sachsen hervorbrachen, am reichsten an hellfarbiger Bevölkerung, und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die braunen Elemente, wenn sie anders einwanderten, vom Süden und nicht vom Norden gekommen sind, oder dass, wenn sie vor der hellfarbigen Einwanderung schon im Lande sassen, sie nicht nach Norden, etwa nach Finnland und Lappland, sondern nach Süden und Westen zurückgedrängt worden sind.

Denn auch der Westen zeigt einen ähnlichen Gegensatz wie der Süden, jedoch mit zwei verschiedenen Culminationsgebieten der Braunen.

Stellt man nebeneinander die sämmtlichen Regierungsbezirke Westfalens und der Rheinprovinz nebst der bayrischen Rheinpfalz, so erhält man folgendes Bild:

	Minden.	Münster.	Arnsberg.	Düssel-dorf.	Aachen.	Cöln.	Coblenz.	Trier.	Pfalz.
1) Blonde Haare, blaue Augen, weisse Haut . .	40.19	37.86	37.73	32.30	25.92	31.94	30.75	23.95	20.08
2) Braune Haare, braune Augen, weisse Haut . .	6.65	6.75	7.67	10.05	12.35	10.53	10.86	12.73	12.36
3) Braune Haare, braune Augen, braune Haut .	1.24	1.30	1.40	2.07	2.79	2.00	2.38	3.76	4.86
4) Schwarze Haare, braune Augen, braune Haut .	0.49	0.68	0.57	0.74	1.28	1.24	1.34	1.67	3.73
5) Summe von No. 2—4. Brunette Raçe	8.38	8.73	9.64	12.86	16.42	13.77	14.58	18.16	20.95

Dieses Bild ist gewiss von überzeugender Deutlichkeit.“

Dennoch hält Herr Prof. Virchow dafür, dass wegen der vielen Umgestaltungen, welche Deutschland erfuhr, die historischen Ueberlieferungen dieser Länder eine noch nicht ausreichende Grundlage bieten, um mit fast absoluter Bestimmtheit Schlüsse ziehen zu dürfen.

In dieser Hinsicht erscheint ihm kein Land so geeignet wie Friesland.

„Von dem freien Friesland“, sagt er, „würde die Welt freilich verhältnissmässig wenig erfahren haben, wenn die Angriffe der Nachbarn nicht von Zeit zu Zeit die allgemeine Aufmerksamkeit erregt hätten.“ „Eine stärkere Einwanderung oder Colonisation in das eigentliche Friesland hat zu keiner Zeit stattgefunden“.

„Darf man irgendwo voraussetzen, dass Klima, Boden und Lebensart einen bestimmenden Einfluss auf menschliche Gestaltung ausüben, so müsste dies gewiss für die Friesen zutreffen.“

„Innerhalb seiner eigentlichen Sitze stellte sich das Friesenvolk dem fremden Beobachter als ein durchaus einiges dar.“

„Das Ergebniss der jetzigen Erhebungen über die Farbe der Haare, der Augen und der Haut hat in den zu Preussen gehörigen friesischen Gebieten ein sehr scharfes Resultat geliefert. Wenn man in einer geraden Linie von Norden nach Süden die Aemter und Kreise von Ostfriesland und dem Münsterlande längs der Ems bis zur Lippe im Süden zusammenstellt, so erhält man folgendes Bild:

	Augen		Haare		
	blau	braun	blond	braun	roth
Aurich	52.40	13.53	81.44	17.23	0.42
Emden	48.83	15.50	82.11	17.08	0.38
Leer	49.75	16.29	79.77	19.56	0.40
Meppen	51.43	17.96	71.56	25.68	0.57
Lingen	46.74	17.46	74.41	23.97	0.73
Tecklenburg	47.71	16.13	79.00	20.49	0.22
Münster (Landkreis) . . .	52.64	19.85	81.11	16.26	0.67
Lüdinghausen	42.86	20.81	68.94	27.86	0.68
Hamm	47.79	22.04	79.10	19.50	0.44

oder nach Combinationen:

	Aurich.	Emdem.	Leer.	Meppen.	Lingen.	Tecklenburg.	Münster (Landkreis).	Lüdinghausen.	Hamm.
1) Blonde Haare, blaue Augen, weisse Haut . .	46.37	42.99	42.22	39.80	37.49	40.83	45.39	33.39	41.75
2) Braune Haare, braune Augen, weisse Haut . .	4.36	5.72	5.93	7.01	6.33	6.21	4.78	6.49	6.14
3) Braune Haare, braune Augen, braune Haut . .	0.99	0.58	0.76	0.91	1.30	0.73	0.73	2.07	1.87
4) Schwarze Haare, braune Augen, braune Haut . .	0.25	0.22	0.16	0.61	0.29	0.18	0.69	1.07	0.41
5) Summe von No. 2—4. Brünette Raçe	5.60	6.52	6.85	8.53	7.92	7.12	6.20	9.58	8.42

Vergleicht man diese, nahzu auf demselben Meridian liegenden Kreise untereinander, so zeigt sich alsbald, dass die mehr helle und die mehr dunkle Bevölkerung, jede zweimal, einen Culminationspunkt erreicht. Für die helle sind dies Ostfriesland und Münster (Landkreis), für die dunkle Meppen und Lüdinghausen.“

Von ganz besonderem Interesse ist noch die Zusammenstellung des Herrn Prof. Virchow der ostfriesischen Zahlen mit den Gesammtzahlen für Preussen und Bayern, wenigstens in Bezug auf die Hauptcombinationen:

	Ostfriesland.	Preussen.	Bayern.
1) Blonde Haare, blaue Augen, weisse Haut	44.04	35.47	20.36
2) Braune Haare, braune Augen, weisse Haut	5.29	8.40	12.84
3) Braune Haare, braune Augen, braune Haut	0.79	2.47	5.17
4) Schwarze Haare, braune Augen, braune Haut	0.22	0.76	3.08
5) Summe von 2—4. (Brünette Raçe)	6.30	11.63	21.09

„Die Zahlen lehren, dass der schon früher hervorgehobene Gegensatz in der Vertheilung der hellen und dunklen Bevölkerung zwischen dem Norden und Süden sich nur noch mehr verschärft,

wenn wir das äusserste Glied der nördlichen Bevölkerung für sich in die Vergleichung eintreten lassen. Die namentlich in Frankreich genährte Meinung, als sei der eigentliche Kern der germanischen Descendenz in Süddeutschland zu suchen, wird schon durch diese Aufstellung widerlegt.)“

* * *

Hiermit schliesse ich meine Abschweifung auf ein Gebiet, welches ich hier nicht weiter verfolgen darf.

In dem Interesse, welches die Mittheilungen des Herrn Prof. Virchow ganz besonders auch für den Ophthalmologen haben, liegt die Entschuldigung, welche ich dafür anspreche dieselben hier zur Sprache gebracht und mit dieser Weitläufigkeit, welche freilich im Vergleich zu der Vollständigkeit des genannten Werkes, eine verschwindend kleine ist, besprochen zu haben.

Vielleicht würde es nicht ganz werthlos sein, wenn zukünftig bei Massenuntersuchungen nicht nur der Refractions- und Accommodationsverhältnisse etc., sondern auch der Farbe der Iris Aufmerksamkeit geschenkt würde, da trotz aller Vermuthungen wir noch keine Beweise haben, welche auf hinreichend grosse Zahlen sich stützen, ob nicht eine Beziehung zwischen diesen Verhältnissen besteht, nicht als ob ich meinte die Farbe der Iris könnte einen bestimmenden Einfluss auf die Refraction ausüben, sondern im ethnologischen Sinne.

* * *

Wenn ich nun zu der Frage der Horizontalebene des Schädels zurückkehre, so erhellt aus unsern früheren Betrachtungen, dass eine mathematisch genaue Horizontalebene des Schädels zu erhalten nur dann möglich wäre, wenn man den Schädel mathematisch vertical stellen könnte. Da es aber geradezu unmöglich ist den Schädel mathematisch vertical zu stellen, weil man nicht weiss, welche Stellung desselben vertical genannt werden soll, so ist es auch unmöglich eine mathematische Horizontale zu finden. Zu meinen Zwecken genügte es mir die Schädel auf einem eigens dazu hergerichteten Stativ nach meinem Augenmaasse und meinem eigenen Urtheil vertical zu stellen. Dieser Verticalstellung entsprach am Häufigsten die Auriculo-Orbitallinie als Horizontallinie. Die Horizontalebene der Orbitae bestimmte ich meistens so, dass ich in das Foramen opticum jeder Orbita ein Stäbchen steckte,

welches gerade die untere Hälfte des For. opt. füllte, so dass die obere Fläche des Stäbchens ungefähr der halben Höhe des Foramen opticum entsprach — wichtig deshalb, weil meine Horizontalschnitte durch die Mitte des For. opt. hindurchgehen sollten. Die aus der Orbita herausstehenden Stäbchen mussten dann so gehoben oder gesenkt werden, bis sie, wenn man von der Seite über sie weg nach einem horizontalen Stabe, der höher und tiefer gelegt werden konnte, visirte, diesem parallel zu sein schienen. Hierbei wurden die aus der Orbita hervorragenden Stäbchen durch ein Lineal gestützt, welches aus zwei durch ein Gelenk verbundenen Stücken bestand. Die Gelenkstelle des Lineals berührte die Nase, die Arme berührten den knöchernen äussern Orbitalrand und so gelang es ziemlich leicht auf der Nase sowohl wie auf den Orbitalrändern mit Bleistift die Stelle anzumerken, wo die aus der Orbita ragenden Stäbchen horizontal zu liegen schienen. Diese äussern Punkte entsprachen somit hinsichtlich ihrer Höhe der Mitte der Foramina optica. Die Mitte jedes Foramen opt. wurde auf der dasselbe temporalwärts einfassenden Knochenkante des kleinen Keilbeinflügels angestrichen; ausserdem wurden noch auf der vordern und hintern Thränengrubenkante Punkte angemerkt, welche in der gefundenen Horizontalebene lagen.

Dieses zu erreichen war es nur nothwendig die 9 genannten Punkte beider Orbitae in der Wirklichkeit entsprechender Lage auf Papier (Millimeterpapier) überzutragen und das Gerüste zu dem Horizontalschnitte war gegeben — das Auffinden anderer Punkte und der Krümmung der Orbitalwandungen eine Leichtigkeit.

Der Gang der Ausmessung war dabei folgender: Die eine Cirkelspitze wurde auf den Nasenpunkt gesetzt, welcher fast ausnahmslos unterhalb die Naso-frontal-Naht und wohl ebenso häufig in die Naht beider Nasenknochen fällt. Von diesem aus ist in einer grossen Mehrzahl der Fälle die Distanz zum äussern Orbitalrand der rechten und der linken Seite dieselbe. Um diese Distanz zu messen wurde die andere mit einem Bleistift bewaffnete Cirkelspitze auf diesen Punkt, welcher entweder auf die Sutura zygomatico-frontalis oder wie es meistens der Fall ist einige Millimeter unterhalb dieselbe fällt, gesetzt und diese Distanz vom Nasenpunkt hinweg in einem Kreisbogen auf Papier getragen. Damit ist die Distanz zwischen Nasenpunkt und äusserem Orbitalrand gegeben,

hingegen noch nicht festgestellt um wie viel der Punkt des äussern Orbitalrandes weiter rückwärts steht als der Nasenpunkt. Durch Profilmessung ist dieses nicht zu finden, wohl aber einfach dadurch, dass man die Distanz zwischen beiden äussern Orbitalrändern in der Horizontalebene misst und diese Distanz (Orbitaldistanz) zwischen die auf Papier gezeichneten Kreisbögen einträgt. Diejenige Stelle, an welcher diese Kreisbögen von der linearen Orbitaldistanz geschnitten werden, gibt genau den Punkt an, wo der knöcherne Orbitalpunkt in Beziehung zum Nasenpunkt sich befindet und um wie viel er hinter letzterem zurücksteht. Auf diese Weise schleicht sich eine jedoch ganz bedeutungslose Fehlerquelle ein, welche darin besteht, dass das Rückwärtsstehen des äusseren Orbitalrandes hinter dem Nasenpunkt oder die Tiefendifferenz für die rechte wie für die linke Gesichtshälfte dieselbe wird, während es hier und da, aber nicht so häufig als man glauben sollte, vorkommt, dass der eine Orbitalrand mehr, der andere weniger weit zurücksteht. So sind nun der Nasenpunkt und die äussern Orbitalpunkte ganz genau bestimmt.

Der nächste und zugleich wichtigste Punkt zu bestimmen, wäre die im Foramen opticum liegende Spitze der Orbitalpyramide gewesen. In Ermangelung jedoch eines festen Punktes im For. opt. hält man sich am Besten an die bereits erwähnte äussere Begrenzungswand des For. opt., welche durch den äussern kleinen Keilbeinflügel gebildet wird und gegen das Innere der Orbita eine ziemlich scharfe Kante bildet. Den auf dieser Kante in halber Höhe des For. opt. angezeichneten Punkt zu finden gelingt sehr leicht, wenn man zwei Kreisbögen sich schneiden lässt, wobei der Kreuzungspunkt mit aller wünschbaren Genauigkeit die Lage des gesuchten Punktes angibt. Wenn ich mit einem Cirkel, welcher einen längeren und einen kürzeren Arm hat, die Entfernung zwischen äusserem Orbitalrand und diesem Punkte messe und diese Entfernung auf Papier übertrage, so kann ich die eine Cirkelspitze auf den Orbitalpunkt setzen und die andere mit Bleistift einen Bogen zeichnen lassen, dessen Radius gleich ist der genannten Entfernung.

Indem ich in gleicher Weise die Entfernung zwischen Nasenpunkt und Keilbeinflügelpunkt messe, kann ich diese Distanz ebenfalls wieder auf Papier tragen und vom Nasenpunkt aus einen

Kreisbogen ziehen, dessen Radius gleich ist der gesuchten Entfernung. Diejenige Stelle, an welcher der vorige und dieser Kreisbogen sich schneiden, gibt genau die Lage des Keilbeinflügelpunktes in halber Höhe des For. opticum an. Die wirkliche Weite des For. opt. in der Orbita kann dann leicht direct gemessen und auf Papier übertragen werden. Da das For. opt. jedoch mehr nach aussen, d. h. fast direct nach dem unteren Theil des äussern Orbitalrandes gerichtet ist, so muss auch diese schiefe Stellung nach aussen noch angegeben werden und diese findet sich, wenn man die scheinbare Weite des For. opt. misst, d. h. wie sie erscheint, wenn man dasselbe von vorn an der innern Orbitalwand vorbei, also in der Richtung der Medianlinie des Kopfes betrachtet. Controliren kann man letzteres Maass einfach dadurch, dass man die Entfernung zwischen äusserem Orbitalrand und dem gegen das Innere der Orbita sehenden Punkte der innern Begrenzungswand des For. opt. und ebenso die Entfernung zwischen letzterem Punkt und dem Nasenpunkt misst. Zwei Kreisbögen geben auch hier wieder mit Genauigkeit die Lage des gesuchten Punktes an.

Die untere Wurzel der Ala orbitalis des Keilbeins als Spitze der Orbitalpyramide zu betrachten, kann ich nicht für richtig halten. Dieser Punkt kann nur als Anhaltspunkt oder Stützpunkt zu Messungen in der Tiefe der Orbita dienen, die anatomische Spitze der Pyramide wird immerhin durch den Nervus opticus resp. das For. opt. gebildet, welches auch das Centrum des Muskelkegels darstellt.

Nachdem alle diese Punkte gefunden sind und durch die Bestimmung der Lage der For. opt. auch die Entfernung zwischen beiden festgestellt ist, eine Distanz, welche, wie wir im III. Theile dieser Arbeit sehen werden, eine gewisse Bedeutung hat, bleibt nur noch übrig die topographische Lage der vordern und hintern Kanten der rechten und linken Thränensackgrube zu bestimmen. Die vordere Kante der Thränensackgrube schliesst anatomisch den kreisförmigen Ring der Orbitalöffnung nasenwärts ab, obschon, wie die von oben betrachteten Horizontalschnitte der Orbitae (Taf. I—IV) zeigen, man nach diesen eher geneigt sein möchte die hintere Thränensackkante als den Abschluss und zugleich auch das Ende der innern Orbitalwand bildend, anzusehen. Nicht bei allen Schädeln jedoch fällt meine Horizontaldurchschnitts-

ebene noch in das Bereich der Thränensackgrube; in vielen Fällen liegt der Anfang der letzteren schon unterhalb der ersteren.

Hinsichtlich dieser Grube fand ich auffallende Verschiedenheiten — sowohl was die Grösse derselben als auch was ihr höher und tiefer Liegen u. A. anbelangt und wollte es mir scheinen, wie wenn hier nationale Verschiedenheiten vorkommen und sogar wahrscheinlich sein sollten, sodass eine eingehendere Untersuchung dieser Verhältnisse, unterstützt durch bessere Kenntnisse und mit umfangreicherem Materiale, gewiss einiges Interessante zu Tage fördern könnten.

Die hintere wie die vordere Begrenzungskante der Thränensackgrube wird einfach so gefunden, dass man die Distanz vom äusseren Orbitalrand bis zu dieser und ebenso die Distanz vom Nasenpunkt bis zu dieser misst. Zieht man Kreisbogen mit dem Radius der ersten und mit dem Radius der zweiten Distanz, so ergibt die Kreuzungsstelle die Lage der Kante in der Horizontalebene der Orbita.

Diese Punkte genügen vollständig, um sämmtliche nur irgend wünschbare Messungen über Grössen- und Lageverhältnisse der Orbitae und beider zueinander auszuführen. Zur genaueren Formdarstellung bedarf es jedoch noch der Kenntniss der Krümmungsverhältnisse der äussern und der innern Orbitalwand, denn die geradlinige Verbindung der gefundenen Punkte reicht zwar vollständig aus zu Allem, was man zu wissen nöthig hat, allein das charakteristische Bild der Form eines horizontalen Orbitaldurchschnittes ist dadurch noch nicht ganz gegeben.

Dieser letztere Wunsch kann nun vollständig erfüllt werden durch mein schon früher angedeutetes und zu diesem Zwecke construirtes Instrument, welches man schlechtweg Orbital-Krümmungsmesser nennen könnte.

Dasselbe besteht aus einem 80 Mm. langen Messingstab, dessen Querschnitt viereckig ist. Jede Seite ist ca. 3 Mm. breit. In diese Stange sind 40—45 durchgehende Oeffnungen gebohrt, welche in Intervallen von durchschnittlich 2 Mm. stehen. Wechselsweise ist die Stange bald auf der einen, bald auf der andern Längsseite entsprechend den Oeffnungen und bis auf dieselben eingeschnitten. In die Oeffnungen selbst, deren jede ein Lumen von kaum 0.75 Mm. hat, sind Stahlstäbchen eingesteckt, welche an einem Ende der

Stange mit einer Länge von 5 Mm. beginnend, jedes bis zum 28. um etwas länger wird als das vorhergehende und vom 28. bis 40. oder 45., dann sämmtlich dieselbe Länge von 20 Mm. haben. Die Stahlstifte müssen sehr genau passen und jedem Drucke nachgeben, d. h. ausweichen, ohne bei veränderter Haltung oder bei Bewegungen des Instrumentes ihre Lage zu ändern. An dem einen Ende des Instrumentes, nämlich da, wo die kürzesten Stifte beginnen, ist eine ganz kleine ca. 2 Mm. lange und sehr leicht drehbare Flügelschraube angebracht. Diese Flügelschraube wird auf die in die Orbita ragende Kante des die äussere Wand des Foramen opt. bildenden kleinen Keilbeinflügels gestellt, sodass sie diese Kante zwischen ihre Flügel fasst. Auf diese Weise ist schon bei leichtem Druck die Stange auf diesem Stützpunkte fixirt. Oefter brach mir jedoch dabei die schwache Flügelschraube ab, sodass ich schliesslich die Stange einfach in das For. opt. steckte.

Indem man nun die alle nach einer Seite verschobenen Stifte z. B. an die äussere Orbitalwand drückt, verrücken sie sich, allen Vertiefungen und Erhebungen der Wand nachgebend, sodass sie die Form derselben vollständig wiedergeben. Aus der Orbita genommen genügt es, das Instrument flach auf's Papier zu legen, und den Stiften mit einem Bleistift nachzufahren, wodurch die ganze Krümmung der Orbitalwand auf's Papier übertragen wird[1]). Wie man die äussere Orbitalwand abdrückt, so kann es mit jeder anderen geschehen.

Bei der innern Orbitalwand kann die Krümmung bis zum Nasenrücken abgedrückt werden, da Stange und Stifte eine hiezu ausreichende Länge haben. Doch wird man aus den Zeichnungen ersehen, dass ich, obschon ich die innere Orbitalwand manchmal für mich abgedrückt, sie nirgends abgezeichnet habe, da die Krümmung derselben sehr gering ist und der Geraden nahe kommt, welche die innere Wand des For. opt. mit der hintern Thränenkante verbindet. Die Thränensackgrube abzudrücken hat keinen

---

[1]) Ich will nicht unterlassen zu bemerken, dass ich bei mehr als der Hälfte der von mir untersuchten Schädel die Spina recti lateralis des Wespenbeines als Insertionsstelle des zweiten Kopfes des M. R. externus s. lateralis, auf welche Fr. Merkel (Handbuch der gesammten Augenheilkunde von Gräfe u. Sämisch. Bd. 1. pag. 53. 1874) zuerst aufmerksam gemacht hat, ebenfalls gefunden habe.

Werth und was die Proc. nasales des Oberkiefers und die Nasenbeine anbelangt, so liegt dieses Gebiet bereits ausserhalb des mich speciell beschäftigenden Territoriums und böte dasselbe ausserdem nichts Interessantes und Charakteristisches.

Meinen ursprünglichen und früher ausgesprochenen Plan auch Verticaldurchschnitte der Orbitae zu gewinnen habe ich aufgegeben. Es waren nicht die Mühe und der grosse Zeitaufwand, die mich abhielten auch diese Messungen auszuführen, sondern die Einsicht, dass dieselben für die von mir verfolgten Zwecke keinen Nutzen bringen würden und so beschränkte ich mich, nachdem ich eine Reihe von Verticalschnitten ausgeführt hatte, schliesslich auf Horizontalschnitte, welche ich auch allein der Kenntniss der Leser überlassen will.

Dagegen verband ich mit meinen Messungen noch solche der Orbitalöffnungen[1]) und sind dieselben jeweilen unterhalb den entsprechenden Horizontalschnitten abgebildet. Nach einer Reihe von Versuchen genau und rasch die Form der Orbitalöffnung auf Papier überzutragen, fand ich den einfachsten und sichersten Weg darin, dass ich auf die Orbitalöffnung, und zwar entsprechend ihrer von der Frontalebene mehr nach aussen abgekehrten Richtung, eine fast vollständig durchsichtige Hornplatte legte und den Orbitalrand einfach durchzeichnete. Nach Uebertragung der Zeichnung auf Pauspapier war es leicht dieselbe durchzuzeichnen.

Trotzdem man auf diese Weise ein genaues Resultat erhält, ist es zweckmässig dasselbe nächträglich durch Cirkelmessung zu verificiren und eventuell zu corrigiren. Auch zu diesen Messungen hatte ich die Horizontalebene nothwendig, denn anders wäre es nicht möglich die mehr liegende oder gegen die Medianebene des Schädels mehr oder weniger steigende Richtung der Orbitalöffnung naturgetreu wiederzugeben.

Noch will ich hervorheben, dass diese Zeichnungen nicht der Ansicht der Orbitalöffnung von vorn, d. h. von der Medianlinie des Kopfes aus entsprechen, sonst wären dieselben fehlerhaft, insofern die Orbitalöffnung wegen des weiter Zurückstehens des äussern Orbitalrandes verkürzt erschiene, sondern von dem Gesichtspunkte aus, wie sich dieselbe darbietet, wenn wir sie in der Richtung der verlängerten Orbitalaxe betrachten.

---

[1]) Vgl. E. Zuckerkandl. Zur Morphologie des Gesichtsschädels. 1877.

Auf vier Tafeln habe ich nun sämmtliche Horizontaldurchschnitte und Gesichtsöffnungen der Orbitae sammt den dazu gehörenden und daraus gewonnenen Messungsresultaten zusammengestellt.

In Taf. I. findet man die Horizontalschnitte und Orbitalöffnungen von 19 Schädeln unserer Bevölkerung, ohne Trennung des Geschlechts und im Alter von 0—17 Jahren.

In Taf. II. die Horizontalschnitte und Orbitalöffnungen von 10 Schädeln weiblicher Individuen unserer Bevölkerung im Alter von 23—77 Jahren.

In Taf. III. die Horizontalschnitte und Orbitalöffnungen von 15 Schädeln männlicher Individuen unserer Bevölkerung im Alter von 20—67 Jahren.

In Taf. IV. die Horizontalschnitte und Orbitalöffnungen von 9 Schädeln männlichen Geschlechts und verschiedenem, aber unbestimmtem Alter, welche sog. Turkos angehören, die bei der Internirung der Bourbaki'schen Armee in der Schweiz in Bern gestorben sind und deren Schädel von der hiesigen Anatomie acquirirt worden zu sein scheinen, und auf derselben Tafel die Horizontalschnitte und Orbitalöffnungen von 11 fremden Schädeln, von denen weder Alter noch Geschlecht mir bekannt sind und von welchen einige defect gefunden worden sind.

An jedem Schädel wurden, abgesehen von dem Auffinden der Horizontalebene der Orbitae, dem Abdrücken der Orbitalwandkrümmung, dem Durchzeichnen der Orbitalöffnungen und der Messung der Schädel-Länge, -Breite und Höhe je 21 und an den gezeichneten Horizontalschnitten je 30 Messungen, im Ganzen also für jeden Schädel 51 und für alle 64 Schädel zusammen ungefähr 3264 Messungen ausgeführt. Ich suchte dabei so genau und vollständig wie möglich zu sein und jedenfalls alle diejenigen Maasse zu berücksichtigen, welche mir von Interesse und Werth zu sein schienen. Sämmtliche an den Schädeln sowohl wie an den Horizontalschnitten gefundenen Maasse wurden in die Zeichnungen selbst eingetragen und nur die Durchschnittsresultate derselben in Tabelle 9 zusammengestellt. Die Ordnung, in welcher die verschiedenen Schädel in Taf. I—IV. sich folgen, ist keine willkürliche, sondern richtet sich nach den Orbitaldistanzen, d. h. nach der Entfernung der äusseren Orbitalränder in der Horizontalebene.

Dieses Maass ist eines derjenigen, zu welchem manche, wie auch die Pupillendistanzen (vgl. I. Th.) in Beziehung stehen, ausserdem ist es am Lebenden sowohl wie am todten und nackten Schädel leicht zu finden. Nur in Gruppe V. der Taf. IV., welche Schädel verschiedener fremder Nationen enthält, ist diese Reihenfolge nicht eingehalten, da ich vorzog die gleichartigen Schädel zusammenzustellen. Als Ordnungsprincip hätten bei den übrigen statt der Orbitaldistanz auch Schädelmaasse, z. B. die Schädellänge gewählt werden können und hätten die Messungen dadurch vielleicht mehr einen anthropologischen Charakter erhalten, mir schien aber bei meinen Untersuchungen der anthropologische Standpunkt erst in zweiter, der ophthalmologische dagegen in erster Linie berücksichtigt werden zu sollen. Es hat nun allerdings die Einhaltung der Reihenfolge nach den Orbitaldistanzen weniger Bedeutung mehr, seit ich aus im I. Theile angeführten Gründen es aufgegeben habe die beiden im Manuscripte vorliegenden Tafeln abdrucken zu lassen, welche sämmtliche Maasse aller Schädel in Zahlen und Curven wiedergeben.

Gleichwohl war es zweckmässig in den Taf. I—IV. eine gewisse Ordnung einzuhalten und nothwendig auf diese aufmerksam zu machen, um es den Betrachtern der Zeichnungen zu erleichtern, sich ein Urtheil darüber zu bilden, ob und inwiefern einzelne Maasse unter sich und besonders zu der Orbitaldistanz einzelner Schädel in gewissem Verhältniss stehen.

Ein oberflächlicher Blick auf die Horizontalschnitte der Orbitae lässt uns vor Allem ihre Gleichartigkeit erkennen, welche um so auffallender ist als die Verschiedenheit der Form dieser den verschiedensten Altern, verschiedenem Geschlechte und z. Th. auch verschiedenen Raçen angehörenden Schädel eine recht grosse ist, sodass dieser entsprechend, grössere Abweichungen zu erwarten wären als thatsächlich der Fall ist. Letztere bewegen sich überhaupt innerhalb verhältnissmässig enger Grenzen und machen nur die Distanz der Orbitalränder, die Tiefe der Orbita und die Breite der beide von einander trennenden Scheidewand, durch welche Momente die Richtung und Grösse der Orbitae vorzüglich bedingt ist und die Prominenz des Nasenpunktes hiervon eine Ausnahme. Ausser der Gleichartigkeit der Form der Horizontalschnitte fällt in zweiter Linie besonders die Regelmässigkeit der Form und die Symmetrie der rechten und der linken

Orbita auf. Ich kann daher der von Herrn Prof. Hasner[1]) vertretenen Ansicht, nach welcher Unregelmässigkeiten des Schädels sehr häufig sein und eine hervorragende Rolle unter den Ursachen des Schielens spielen sollen, nicht ganz beipflichten, denn wo müsste unregelmässiger Schädelbau auf die Stellung des Auges und die Thätigkeit der dasselbe bewegenden Muskeln einen mächtigeren Einfluss ausüben als gerade in der Horizontalebene der Orbitae? Gleichwohl will ich nicht in Abrede stellen, dass Solches vorkommen mag.

Hinsichtlich der Schädeldurchschnitte möchte ich noch darauf aufmerksam machen wie die Form und Lage der Orbita schon von frühester Jugend (vgl. Taf. I.) an bis zum Ausgewachsensein des Schädels stets dieselben bleiben und nur die Dimensionen immer bedeutender werden.

Zu einer Zeit, wo der Augapfel demjenigen des Erwachsenen an Grösse bereits fast gleich ist, stehen die Dimensionen der Orbita und besonders der Orbitalöffnung denjenigen Erwachsener nicht unbeträchtlich noch nach.

Bei der Betrachtung der Orbitalöffnungen springt besonders die sehr schwankende Grösse bei ausserordentlicher Gleichheit oder wenigstens Aehnlichkeit der rechten und der linken Seite in die Augen, ferner die Verschiedenheit der Form, welche bald rund, bald länglich viereckig, bald fast viereckig ist und endlich die Verschiedenheit ihrer Erhebung gegen die Medianlinie des Kopfes.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen lasse ich nun die specielle Besprechung der einzelnen Schädel- und Orbitalmaasse folgen:

1—6. Schädeldurchmesser und Schädelindices.

Mittelst eines Stangencirkels maass ich die grösste Länge von der Glabella bis zum Hinterhaupt, die grösste Breite, — Hinterhauptsbreite, nicht Schläfenbreite — und die grösste Höhe vom vordern Rande des grossen Hinterhauptsloches nach dem höchsten Punkte des Schädeldaches, welcher häufig an die Stelle

---

[1]) „Ueber einige Ursachen des Schielens". Vortrag gehalten im Centralverein deutscher Aerzte am 22. Dec. 1876. Prager Medicin. Wochenschrift. II. Jahrg. No. 1. 1877. Vgl. auch „Statopathieen des Auges". Prag 1869.

der Hinterhauptsfontanelle oder der Kreuzung der Pfeil- und Lamdanaht fällt.

Ob in den durch diese Messungen gewonnenen Resultaten etwas für den Anthropologen Interessantes und Werthvolles zu finden ist lasse ich dahingestellt, da mir die nöthigen Kenntnisse zu einem Urtheile hierüber fehlen; ich machte diese Untersuchungen nur der Vollständigkeit wegen und um Vergleiche zwischen diesen Maassen und den Orbitalmaassen anstellen zu können. Inwiefern hier Relationen bestehen, wird uns die Curventabelle 10 am Raschesten lehren können.

Nach einer von Herrn Prof. Aeby mir einmal gütigst gemachten mündlichen Mittheilung sind die Schädel der Taf. I—III., welche unserer hiesigen Bevölkerung angehören, Mischformen.

Ich lasse hier die Durchschnittsresultate der Schädelmaasse und der Schädelindices der fünf Gruppen von Schädeln, welche in den Tafeln I—IV. enthalten sind, folgen:

Tab. 1.

	I. Gruppe. 19 Schädel hiesiger Bevölkerung von 0—20 Jahren, ohne Differenzirung des Geschlechts.	**II. Gruppe.** 10 weibliche Schädel hiesiger Bevölkerung von 23—77 Jahren.	**III. Gruppe.** 15 männliche Schädel hiesiger Bevölkerung von 20—67 Jahren.	**IV. Gruppe.** 9 männliche Turko-Schädel.	**V. Gruppe.** 11 fremde Schädel.
1) Schädellänge...	159.5	173.6	178.5	182.1	180.8
2) Schädelbreite..	129.6	144.1	148.9	138.0	136.8
3) Schädelhöhe ...	115.6	126.6	131.2	133.9	133.4
4) Längen-Breiten-Index.....	81.3	83.0	83.4	75.8	75.7
5) Längen-Höhen-Index.....	72.5	72.9	73.5	73.6	73.8
6) Breiten-Höhen-Index.....	89.2	88.0	88.1	97.0	97.5
Differenz zwischen Schädellänge und Schädelbreite	29.9	29.5	29.6	44.1	44.0
Differenz zwischen Schädellänge und Schädelhöhe	43.9	47.0	47.3	48.2	47.4
Differenz zwischen Schädelbreite und Schädelhöhe	14.0	17.5	17.7	4.1	3.4

Die Schädel von Individuen zwischen 0 und 20 Jahren stehen, wie aus Gruppe I. obiger Tabelle zu entnehmen ist, hinsichtlich der Grösse der Zahlen, beziehungsweise der Dimensionen, hinter den Schädeln Erwachsener unserer Bevölkerung zwar noch ziemlich zurück, doch ist, wie aus den Schädelindices ersichtlich ist, das proportionale Verhältniss zwischen den einzelnen Maassen demjenigen Erwachsener bereits sehr ähnlich.

Die zweite und dritte Gruppe obiger Tabelle zeigen ferner in unzweideutigster Weise wie der männliche Schädel den weiblichen in allen Dimensionen an Grösse übertrifft und ich will gleich hier die interessante Thatsache hervorheben, dass dasselbe für fast alle von mir gefundenen Maasse der Fall ist.

Vergleicht man endlich die Maasse der I., II. und III. mit denjenigen der IV. und V. Gruppe, so fällt unmittelbar die geringere Schädellänge und Schädelhöhe und die bedeutendere Schädelbreite der ersteren gegenüber den letzteren auf, ferner der beträchtlich kleinere Unterschied zwischen Schädellänge und Schädelbreite bei den Schädeln der I. bis III. Gruppe gegenüber den Schädeln der IV. und V. Gruppe, als Folge der absolut geringeren Schädellänge bei absolut bedeutenderer Schädelbreite der I. bis III. Gruppe; endlich die weit grössere Differenz zwischen Breite und Höhe bei den Schädeln der I. bis III. als bei denjenigen der IV. und V. Gruppe, — eine Folge der absolut grösseren Breite und absolut geringeren Höhe der I. bis III. Gruppe und der absolut geringeren Breite und absolut beträchtlicheren Höhe der IV. und V. Gruppe.

Dieselben Verhältnisse findet man nicht nur in den Durchschnittsresultaten, sondern in ebenso überzeugender Constanz bei den einzelnen Schädeln selbst.

Da nun das Charakteristische langer Schädel gegenüber kurzen in einem grösseren Unterschied zwischen Länge und Breite und in einer bedeutend geringeren Differenz zwischen Breite und Höhe besteht, sodass letztere Null oder selbst Negativ werden kann, wie den Breiten-Höhen-Indices einzelner Schädel zu entnehmen ist und eben diese Verhältnisse in obigen fünf Gruppen deutlich zu Tage treten, so glaube ich nicht irre zu gehen, wenn ich die Schädel der I. bis III. Gruppe mehr den brachy- oder eurycephalen und diejenigen der IV. und V. Gruppe mit wenigen Ausnahmen, den dolicho- oder stenocephalen zuzähle.

7—9 Orbitalöffnungsmaasse und Orbitalindices.

Die Breite der Orbitalöffnung ist in der Horizontalebene der Orbitae, die Höhe in der senkrechten Mitte derselben gemessen worden. Ob dieses mit dem Messungsverfahren Anderer im Einklang steht vermag ich nicht anzugeben, mit demjenigen Merkel's[1]) und Gayat's[2]) stimmt es insofern nicht überein als diese Herren die horizontale Halbirungslinie der Gesichtsöffnung der Orbita gemessen haben, sodass die von ihnen gemessene Horizontale häufig etwas tiefer liegt als die meinige. Ich glaube mein Verfahren jedoch dadurch gerechtfertigt, dass die von mir gemessene Horizontale einer wirklichen Horizontaldurchschnittsebene der Orbitae entspricht, ferner, wie viele Versuche mich gelehrt haben, dass dieselbe meistentheils auch durch die horizontale Pupillarebene geht, indem der Augapfel, resp. das Centrum der Pupille, nicht dem Centrum der Orbitalöffnung entspricht, sondern ersteres mehr temporal- und stirnwärts gelegen ist und endlich dadurch, dass mein Querdurchmesser der Orbitalöffnung in der Mehrzahl der Fälle zugleich in den grössten Querdurchmesser der Orbitalöffnung fällt.

In der folgenden Tabelle sind die Orbitalmaasse und Orbitalindices der rechten und der linken Orbita und die Durchschnittszahlen beider nach denselben Kategorieen, wie für die Schädelmaasse, d. h. ebenfalls in fünf Gruppen, zusammengestellt.

Tab. 2.

	I. Gruppe.	II. Gruppe.	III. Gruppe.	IV. Gruppe.	V. Gruppe.
7) Breite der Orbitalapertur.					
O. d.	34.4	40.1	41.8	40.8	43.2
O. s.	34.2	39.4	41.5	40.5	42.4
Durchschnitt..	*34.3*	*39.8*	*41.6*	*40.65*	*42.8*
8) Höhe der Orbitalapertur.					
O. d.	29.1	33.2	33.9	34.4	34.8
O. s.	29.2	34.0	34.2	34.4	35.0
Durchschnitt..	*29.2*	*33.6*	*34.0*	*34.4*	*34.9*
9) Orbitalindex.					
O. d.	84.6	82.8	81.0	84.3	80.6
O. s.	85.4	86.3	82.3	84.9	82.5
Durchschnitt..	*85.0*	*84.5*	*81.7*	*84.6*	*81.6*

[1]) Merkel. Handbuch der gesammten Augenheilkunde von Gräfe und Sämisch. 1874. Bd. I. p. 149.

[2]) Gayat. Essais de mensuration de l'orbite. Ann. d'oculistique. Bd. LXX. 1873.

Sämmtliche Durchschnittsmaasse jugendlicher Individuen (I. Gr.) stehen, wie bei den Schädelmaassen, hinter denjenigen Erwachsener zurück, gleichwohl ist auch hier das proportionale Verhältniss zwischen Breite und Höhe demjenigen der Erwachsenen bereits sehr ähnlich, nähern sich aber, wie aus den Indices hervorgeht, dem weiblichen Typus (Gr. II) mehr als dem männlichen (Gr. III).

Gruppe II u. III zeigen von Neuem, dass sämmtliche weibliche Maasse hinter den männlichen zurückstehen, zugleich aber auch, dass die Differenz zwischen Breite und Höhe der Orbitalapertur bei männlichen Schädeln, wenigstens unserer Bevölkerung, bedeutender zu sein scheint als bei weiblichen.

Dem weiblichen Typus ähnlich sind die Indices der IV. Gruppe, dem männlichen der IIIten dagegen diejenigen der V. Gruppe.

In allen fünf Gruppen zeigt sich die eigenthümliche Erscheinung, dass fast ausnahmslos die Breite der rechten Orbitalapertur beträchtlicher ist als diejenige der linken, dass aber die Höhe der rechten Orbitalapertur geringer ist als diejenige der linken.

10) Orbitaldistanz oder Distanz zwischen beiden äussern Orbitalrändern in der Horizontalebene der Orbitae.

11) Orbitalaxendistanz in der Gesichtsöffnung der Orbitae.

Diese beiden Maasse miteinander zu besprechen hat seinen Grund in dem nothwendiger Weise innigen Verhältniss, in welchem beide zu einander stehen.

Die Durschnittsresultate beider lasse ich in derselben Reihenfolge, wie bisher die übrigen, folgen:

Tab. 3.

	I. Gruppe.	II. Gruppe.	III. Gruppe.	IV. Gruppe.	V. Gruppe.
10) Orbitaldistanz .	*80.8*	*96.0*	*99.7*	*96.1*	*99.9*
11) Orbitalaxendistanz	*48.1*	*58.3*	*60.0*	*57.2*	*58.6*
Differenz	32.7	37.7	39.7	38.9	41.3
Maxima der Orbitaldistanz	96.0	103.5	106.5	100.75	105.0
Minima der Orbitaldistanz	59.0	91.0	91.75	87.0	94.5
Maxima der Orbitalaxendistanz...	58.0	62.0	62.5	60.5	61.0
Minima der Orbitalaxendistanz..	34.0	55.5	54.0	52.0	56.5
Maxima d. Differenz	38.0	41.5	44.0	40.25	45.0
Minima - - -	25.0	35.5	37.0	35.0	39.0

Wie bereits früher erwähnt sind die Orbitaldistanzen als Ordnungsprincip für die Tafeln I—IV. gewählt worden. Man hätte auch die Orbitalaxendistanzen hierzu benützen können, wenn nicht Gründe für das erstere Maass entschieden hätten.

Man ersieht aus der Tabelle, dass die Schädel der I. Gruppe eine durchschnittlich geringere Orbital- und Orbitalaxendistanz haben und dass selbst die Differenz zwischen diesen beiden Maassen ziemlich hinter derjenigen der übrigen vier Gruppen zurückbleibt, indem als Folge schmalerer Trennungswand beider Orbitae die Orbitalaxendistanz verhältnissmässig kleiner ist. Aus Gruppe II und III der Tabelle 3 ergibt sich auch für diese Maasse ein Uebergewicht der männlichen über die weiblichen, selbst hinsichtlich der Maxima und Minima; ferner aus Gruppe IV und V, dass längliche oder mehr dolichocephale Schädel weder grössere noch kleinere Orbitaldistanzen haben als kürzere Schädel, bei gleichen Orbitaldistanzen aber die Distanz der Orbitalaxen langer Schädel eher etwas kleiner ist als diejenige kurzer Schädel, eine Erscheinung, welche, wie in Gruppe I. und wie wir später sehen werden, hauptsächlich die Folge einer schmaleren Scheidewand beider Orbitae ist. Gestützt auf unsere Untersuchungsresultate, welche aber, wie ich ausdrücklich hervorhebe, vorläufig nur für die von uns gemessenen Schädel Geltung haben, können wir ganz allgemein sagen, dass einer grösseren Orbitaldistanz keineswegs immer eine grössere Orbitalaxendistanz entspricht und umgekehrt, und dass bei gleichen Orbitaldistanzen die Distanz der Orbitalaxen sehr verschieden sein kann (vgl. die Maasse 10 und 11 der II. und IV. und der III. und V. Gruppe).

Die obige Tabelle bietet jedoch ausser dem bereits Hervorgehobenen noch Manches Interessante. Sie ist die einzige, welche uns Vergleiche ziehen lässt zwischen meinen Messungen an nackten Schädeln und den Messungen, welche an Lebenden (vgl. I. Theil dieser Arbeit) von mir ausgeführt worden sind. Es lässt sich nämlich ein wichtiger Vergleich anstellen, einerseits zwischen den Orbitaldistanzen nackter Schädel und denjenigen Lebender, andererseits zwischen den Orbitalaxendistanzen nackter Schädel und den Pupillendistanzen Lebender.

Ziehe ich das Mittel aus den Orbitaldistanzen der Schädel VII—XIX der I. Gruppe (Taf. I.), welche Individuen von 6—17

Jahren angehören, so erhalte ich als Durchschnittsdistanz *86.23* Mm. Vergleiche ich damit die Resultate meiner Messungen über Orbitaldistanzen an 202 Knaben (vgl. I. Th. pag. 16 u. 17) desselben Alters von 6—17 Jahren und ziehe daraus das Mittel, so erhalte ich *86.17* Mm. Eine überraschendere Harmonie der beiderartigen Messungsresultate lässt sich kaum denken und ich glaube hierin selbst eine gewisse Befriedigung und einen Trost finden zu dürfen für die Zweifel, welche ich selbst in die Correctheit der Messungen der Orbitaldistanzen an Lebenden im ersten Theile meiner Arbeit gesetzt habe.

Ziehe ich nun das Mittel aus den Orbitalaxendistanzen derselben Schädel, so erhalte ich als Durchschnittsdistanz *51.5* Mm. und ziehe ich das Mittel aus den Pupillendistanzen der 202 Schüler von 6—17 Jahren, so erhalte ich als durchschnittliche Pupillendistanz *59.15* Mm. Hieraus würde unmittelbar zu folgern sein, dass die Pupillendistanzen gewiss fast ausnahmslos grösser sind als die Orbitalaxendistanzen, wodurch die bereits früher von mir aufgestellte Behauptung, dass der Drehpunkt des Auges nicht in den Mittelpunkt der Gesichtsöffnung der Orbita, sondern auswärts von demselben falle, ihre Bestätigung erhalten würde [vgl. Huschke, Hyrtl, Langer, Fr. Merkel[1])]. Man hat sich nur noch darüber zu einigen, an welcher Stelle man die Orbitalaxendistanz messen will. Da diese Axen (vgl. die Horizontalschnitte in den Taf. I—IV) vom Centrum der Foramina optica nach aussen divergiren und durch das Centrum der Gesichtsöffnung der Orbitae gehen, muss ihre Entfernung von der Tiefe der Orbitae nach aussen stetig zunehmen. Es gibt zwei Punkte, wo man ihre Distanz messen kann, nämlich entweder in der Gesichtsöffnung der Orbitae, wie ich gethan habe, und was sich dadurch rechtfertigt, dass an dieser Stelle die Orbitalaxen wenigstens im Centrum des Quer- und des Höhendurchmessers der Orbitalöffnung liegen; oder man könnte auch daran denken die Distanz der Orbitalaxen da zu messen, wo diese Axen diejenige Linie schneiden, welche den rechten und den linken äusseren Orbitalrand in der Horizontalebene der Orbitae verbindet. Dieser Punkt hätte darin seine Berechtigung, dass er in eine Linie fiele, welche jedenfalls in einer grossen Zahl von Fällen mit der

---

[1]) Fr. Merkel. Handbuch der gesammten Augenheilkunde von Gräfe u. Sämisch. 1874. Bd. I. p. 50.

sog. Basallinie d. h. der Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen zusammenfallen würde. Bei Messung der Orbitalaxendistanz an dieser Stelle würde jedoch dieselbe im Verhältniss zur Pupillen- oder Drehpunktsdistanz noch geringer werden, als wenn wir sie in der Mitte der Orbitalapertur messen.

Da es nicht möglich ist am nackten Schädel die frühere Lage des Augapfels resp. seines Drehpunktes zu reconstruiren, so scheint es mir von einigem Werthe zu sein einerseits nachgewiesen zu haben, dass meine an Lebenden gefundenen Orbitaldistanzen den am Schädel gemessenen ganz entsprechen, sodass die Richtigkeit der an Lebenden ermittelten kaum zweifelhaft erscheint, andererseits gefunden zu haben, dass, wie sich aus den im I. Theile dieser Arbeit niedergelegten Resultaten meiner Untersuchungen an Lebenden ergeben hat, Orbital- und Pupillendistanzen, von welch letzteren ich wegen meines Messungsverfahrens ebenfalls keinen Grund habe anzunehmen, dass sie unrichtig seien, in einem gewissen Verhältniss zu einander stehen, d. h. dass bei Hypermetropen, Emmetropen und Myopen die durchschnittliche Entfernung zwischen Orbitalrand und Pupillencentrum ca. *13.5* und die Differenz zwischen den Orbitaldistanzen des nackten Schädels und den Pupillendistanzen Lebender 86.23—59.15 = 27.08 Mm., auf jeder Schädelseite also durchschnittlich *13.54* Mm. beträgt, was den an Lebenden gefundenen Resultaten bis auf 0.04 Mm. gleichkommt, wodurch ich glauben darf einen Anhaltspunkt gefunden zu haben, um die seitliche Entfernung des Pupillencentrums oder des Drehpunktes des Auges vom äusseren Orbitalrande nun auch am nackten Schädel annähernd bestimmen zu können.

12) Tiefe der Orbita oder Länge der Orbitalaxe von der Mitte der Gesichtsöffnung der Orbita bis zur Mitte des Foramen opticum, d. h. bis zu der Eintrittsstelle des Sehnerven in die Orbita.

13) Länge der äusseren Orbitalwand, resp. der geradlinigen Verbindungsstrecke des äusseren Orbitalrandes mit der in die Orbita ragenden Kante der äusseren Wand des For. opt., d. h. bis auf die Ala orbitalis des Keilbeinflügels.

Dass ich nicht die wirkliche Länge der äusseren Orbitalwand, welche nach aussen ausgebuchtet ist (vgl. Taf. I—IV.) und im Horizontalschnitt bereits an der Fissura orbitalis superior ihr Ende

findet, gemessen habe, wird man wohl begreiflich finden, denn durch eine solche Messung würde nichts zur Versinnlichung der Grössenverhältnisse der Orbita beigetragen worden sein.

14) Länge der inneren Orbitalwand, d. h. geradlinige Verbindungsstrecke zwischen vorderer Thränengrubenkante und innerer Wand des For. opt., resp. der Ala orb. des Keilbeinflügels.

Es blieb, um einen Begriff von der Länge der inneren Orbitalwand zu erhalten und zu geben, nichts Anderes übrig, als die hintere Thränengrubenkante zu übergehen und, da ja doch die vordere Thränengrubenkante die Orbita abschliesst, die geradlinige Entferung zwischen der vorderen Thränengrubenkante und der Ala orbitalis des Keilbeinflügels zu messen.

Die drei Maasse gehören derart zusammen, dass es gewiss zweckmässig ist sie miteinander zu besprechen.

Zur leichteren Uebersicht sind auch hier wieder die Durchschnittsresultate zusammengestellt:

Tab. 4.

	I. Gruppe.	II. Gruppe.	III. Gruppe.	IV. Gruppe.	V. Gruppe.
12) Tiefe der Orbita.					
O. d.	34.9	39.8	40.0	38.6	41.0
O. s.	34.6	39.0	39.6	38.3	40.7
Durchschnitt...	*34.75*	*39.4*	*39.8*	*38.5*	*40.9*
13) Länge der äusseren Orbitalwand.					
O. d.	39.8	46.4	46.3	45.0	48.6
O. s.	38.9	45.6	46.4	44.2	48.5
Durchschnitt...	*39.4*	*46.0*	*46.4*	*44.6*	*48.55*
14) Länge der inneren Orbitalwand.					
O. d.	36.1	40.6	41.6	40.5	41.75
O. s.	35.9	40.0	41.1	40.6	41.2
Durchschnitt...	*36.0*	*40.3*	*41.4*	*40.55*	*41.5*

Von den drei Längenmaassen ist die äussere Orbitalwand das längste, die innere Orbitalwand das zweitlängste und die Tiefe der Orbita das kürzeste Maass.

Die Maasse der ersten Gruppe sind, wie natürlich, die kleinsten, doch ist auch bei ihnen das proportionale Verhältniss zwischen

den einzelnen bereits ungefähr dasselbe wie in den übrigen Gruppen, welche Schädel Erwachsener enthalten.

Fast ausnahmslos sind die Maassverhältnisse der linken Orbita um etwas geringer als diejenigen der rechten. Ebenso findet man auch hier wieder die Maassverhältnisse der männlichen Schädel der III. Gruppe grösser als diejenigen der weiblichen der II. Gruppe.

Einigermaassen überraschen muss, dass die langen Schädel der IV. Gruppe, bei welchen sicherlich auch verhältnissmässig lange Orbitalmaasse zu erwarten wären, im Gegentheil kürzere Maasse aufweisen als die mehr brachycephalen Schädel der II. und III. Gruppe.

In der V. Gruppe dagegen fällt die bedeutende Länge aller drei Maasse und besonders der äusseren Orbitalwand auf, welche hier nicht nur im Verhältniss zu der inneren Wand und der Tiefe der Orbita beträchtlicher ist, sondern auch absolut alle anderen Gruppen an Länge übertrifft. Ein Blick auf die Horizontalschnitte in Taf. I—IV belehrt uns, dass dies hauptsächlich damit in Zusammenhang steht, dass bei der Mehrzahl dieser Schädel der äussere Orbitalrand, namentlich in Anbetracht der grösseren Breite der Orbitalöffnung, weniger als bei anderen Schädeln, ausgenommen denjenigen der II. Gruppe, hinter dem inneren Orbitalrand resp. der vorderen Thränenkante zurücksteht.

15) Distanz zwischen beiden inneren Orbitalrändern, resp. den vorderen Begrenzungskanten der Thränengruben.

16) Distanz zwischen den hinteren Kanten der Thränengruben beider Orbitae.

17) Distanz zwischen den Mittelpunkten der Orbitalöffnung des Foramen opticum dexter et sinister.

18) Distanz, um welche die äusseren Orbitalränder hinter den inneren Orbitalrändern, d. h. den vorderen Begrenzungskanten der Thränengruben zurückstehen.

Fünfzehn, sechszehn und siebenzehn sind Maasse, welche der Medianlinie angehören und die Grösse der Trennungswand beider Orbitae von einander an verschiedenen Punkten angeben. Achtzehn wurde ebenfalls hier aufgenommen, da es das einzige lineare Maass ist, welches zu besprechen noch übrig bleibt und zur Lage-

beschreibung einzelner Orbitalpunkte noch beiträgt. Wie die verschiedenen Punkte gefunden und wie ihre Entfernung gemessen wurde, ist theilweise schon besprochen worden und erhellt anderntheils aus den Horizontalschnitten der Tafeln I—IV.

Tab. 5.

	Durchschnittsresultate:				
	I. Gruppe.	**II. Gruppe.**	**III. Gruppe.**	**IV. Gruppe.**	**V. Gruppe.**
15) Distanz zwischen beiden inneren Orbitalrändern, resp. den vordern Begrenzungskanten der Thränengruben.....	*15.5*	*20.6*	*20.1*	*18.7*	*17.2*
16) Distanz der hinteren Thränengrubenkanten....	*18.25*	*23.8*	*24.7*	*21.8*	*20.3*
17) Distanz zwischen den Mittelpunkten der Orbitalöffnung des Foram. opt. dext. et sinister	*23.2*	*28.1*	*31.2*	*30.6*	*26.9*
18) Distanz, um welche d. äussern Orbitalränder hinter den innern zurückstehen.					
O. d.	10.3	11.5	12.1	12.2	11.5
O. s.	10.4	11.2	11.8	12.4	10.9
Durchschnitt...	*10.35*	*11.4*	*12.0*	*12.3*	*11.2*

In allen fünf Gruppen findet man die Distanzen 15—17 von vorn nach hinten wachsend, die Richtung der Orbitalwände nach rückwärts also weder eine convergirende, noch parallele, sondern eine mehr oder weniger divergirende werdend.

Wie überall, so stehen auch hier wieder die Maasse der I. Gruppe hinter denjenigen der anderen zurück. Die geringste Differenz zeigt sich im Zurückstehen des äusseren Orbitalrandes hinter dem inneren.

Grössere Dimensionen der Gruppe III, gegenüber Gruppe II,

der männlichen also gegenüber den weiblichen Maassen, machen sich hier ebenfalls wieder geltend.

In Gruppe IV und ganz besonders in Gruppe V fällt auf, dass, obschon die Orbital- und Orbitalaxendistanz nicht geringer ist als in den übrigen Gruppen, d. h. in Gruppe IV ähnlich Gruppe II und in Gruppe V ähnlich Gruppe III, dennoch die hier besprochenen Distanzen in Gruppe IV zum Theil, in Gruppe V durchgängig kleiner sind. Diese geringere Dicke der Orbitalscheidewand ist es, welche, wie wir gesehen haben, die grössere Breite der Gesichtsöffnung der Orbita veranlasst und ebenso ist die geringere Tiefendifferenz zwischen äusserem und innerem Orbitalrand in der V. Gruppe der hauptsächliche Grund dafür, dass die äussere Orbitalwand länger ist als in den übrigen Gruppen; man könnte jedoch mit fast gleichem Rechte sagen, dass die grössere Länge der äusseren Orbitalwand die Ursache der geringeren Tiefendifferenz zwischen innerem und äusserem Orbitalrand ist.

19) Gesichtsöffnungswinkel, d. h. Winkel, unter welchem die Gesichtsöffnungen beider Orbitae, resp. die geraden Linien sich schneiden, welche in den Horizontalschnitten vom äusseren nach dem inneren Orbitalrand gezogen sind.

20) Orbitalaxenwinkel, d. h. Winkel, unter welchem sich beide Orbitalaxen schneiden.

21) Orbitalwandwinkel, d. h. Winkel, unter welchem sich beide äusseren Orbitalwände schneiden.

Tab. 6.

	Durchschnittsresultate:				
	I. Gruppe.	**II. Gruppe.**	**III. Gruppe.**	**IV. Gruppe.**	**V. Gruppe.**
19) Gesichtsöffnungswinkel ...	*144°.6*	*146°.5*	*147°.0*	*145°.25*	*150°.1*
20) Orbitalaxenwinkel	*42°.4*	*44°.7*	*43°.4*	*40°.6*	*44°.4*
21) Orbitalwandwinkel.....	*87°.4*	*89°.9*	*89°.9*	*87°.4*	*90°.6*

Als Gesichtsöffnungswinkel bezeichne ich also denjenigen Winkel, welcher von den beiden Linien eingeschlossen wird, die

den äusseren mit dem inneren Orbitalrand der rechten und der linken Gesichtshälfte verbinden. Durch diesen Winkel wird, ebenso wie durch den weiter unten zu besprechenden Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel (22), welche beide, einer aus dem anderen, berechnet werden können, angedeutet, welche Richtung und Stellung die Gesichtsöffnungen der Orbitae oder wenigstens die Querdurchmesser der Orbitalöffnungen in Beziehung zur Frontal- oder Medianebene des Kopfes einnehmen. Ich glaube, dass es mehr Berechtigung hat diesen Winkel zu messen als denjenigen, welcher von zwei Linien eingeschlossen wird, die die äusseren Orbitalränder mit dem Nasenpunkt verbinden. Die Prominenz der Nasenbeine ist etwas so Variables, dass ich nicht finden konnte, dass man durch dieses Maass zu irgend sicheren Anhaltspunkten gelange, wie sie, wenigstens für unsere Zwecke, mir nützlich oder selbst nothwendig erschienen. Die Spitze des Winkels fällt, wie aus den Horizontalschnitten der Taf. I—IV ersichtlich ist, nicht immer in die Medianlinie, sondern sehr oft rechts oder links davon, je nachdem der rechte und der linke innere Orbitalrand gleich weit vom Nasenpunkt und der Medianlinie des Kopfes abstehen oder nicht.

Auch für den Gesichtsöffnungswinkel ist ein geringerer Werth für die erste als für die übrigen Gruppen gefunden worden. Es ist diess einigermaassen auffallend, indem dieser Winkel, wenn auch abhängig von einigen anderen Maassen, dennoch nicht kleiner zu sein brauchte, da ja, wie wir gesehen haben, die Mehrzahl der linearen Maasse, wenn auch absolut kleiner, doch in proportionalem Verhältniss zu den Maassen Erwachsener stehen. Die Ursache für die geringere Grösse des Gesichtswinkels in dieser Gruppe scheint nicht sowohl in dem kleineren Tiefenabstand des äusseren gegenüber dem inneren Orbitalrand, als vielmehr in der absolut und relativ geringeren Breite der Orbitalapertur zu beruhen.

In ihren Maassen äusserst nahe stehend sind die II. und III. Gruppe, die IIIte die IIte, wie fast überall, zwar um etwas übertreffend.

Ein nicht unerheblicher Unterschied in der Grösse des Gesichtsöffnungswinkels besteht dagegen zwischen der IV. und V. Gruppe. Obschon beide Gruppen den dolichocephalen Schädeln zuzuzählen sind, so ist doch die Richtung der Orbitalöffnungen ziemlich verschieden und sehen dieselben bei der IV. Gruppe mehr seitlich, bei

der Vten mehr nach vorn. Dieser Unterschied der Richtung ist auch bei Betrachtung der Horizontalschnitte auf Taf. I—IV ziemlich auffallend und scheint hauptsächlich auf die grössere Länge der äusseren Orbitalwand der V. gegenüber der IV. Gruppe zu beziehen zu sein.

Die Grösse des Gesichtsöffnungswinkels wird, allgemein gesagt, stets von drei Maassen abhängen, d. i. von der Breite der Orbitalapertur, von der Länge der äusseren Orbitalwand im Verhältniss zur inneren und von der Tiefendifferenz zwischen äusserem und innerem Orbitalrand. Je breiter die Orbitalapertur, um so stumpfer, resp. grösser wird der Gesichtsöffnungswinkel werden und umgekehrt. Je länger die äussere Orbitalwand im Verhältniss zur inneren oder je kürzer die innere im Verhältniss zur äusseren Orbitalwand ist um so grösser, und je kürzer die äussere Orbitalwand im Verhältniss zur inneren oder je länger die innere Orbitalwand im Verhältniss zur äusseren ist, um so kleiner wird der Gesichtsöffnungswinkel werden. Je weniger der äussere Orbitalrand hinter dem inneren zurücksteht, d. h. je geringer die Tiefendifferenz ist um so grösser und je grösser die Tiefendifferenz um so kleiner wird der Gesichtsöffnungswinkel sein. Es ist klar, dass hier verschiedene Verhältnisse denkbar sind und dass in dem einen Fall alle drei Maasse zur Vergrösserung, in einem anderen Fall zur Verkleinerung des Gesichtsöffnungswinkels concurriren können, oder dass ein Maass zu seiner Vergrösserung, das andere zu seiner Verkleinerung beitragen wird u. s. f.

In ziemlich directem Verhältniss zur Grösse dieses Winkels steht die Richtung der Orbitalöffnung, welche bei grösserem Winkel mehr nach vorn, bei kleinerem mehr nach aussen zu sehen pflegt.

Ein gewisses Grössenverhältniss scheint auch zwischen Gesichts- oder Orbitalöffnungswinkel und zwischen Orbitalaxen- und Orbitalwandwinkel zu bestehen.

Der Orbitalaxenwinkel ist derjenige Winkel, welcher von den die Mittelpunkte der Gesichtsöffnung der Orbitae mit den Mittelpunkten der Foramina optica verbindenden Linien oder Axen eingeschlossen wird. Diese Axen schneiden sich, wie bekannt, auf dem Clivus Blumenbachii, weiter vorn oder weiter rück-

wärts, je nachdem der Winkel grösser oder kleiner, stumpfer oder spitzer ist.

Auch für diesen Winkel sind die Maassverhältnisse der I. Gruppe kleiner als diejenigen der II. und III. Gruppe und in diesen beiden letzten Gruppen übertrifft einmal das weibliche das männliche Maass.

Zwischen der IV. und V. Gruppe zeigt sich für diesen Winkel ein analoger Grössenunterschied wie für den Gesichtsöffnungswinkel. Es scheint dieses hauptsächlich darin seinen Grund zu haben, dass, bei ziemlich ähnlicher Orbitalaxendistanz von 57.2 Mm. der IV. und 58.6 Mm. der V. Gruppe, ein ziemlich bedeutender Unterschied in der Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica besteht; derselbe beträgt nämlich 3.7 Mm., d. h. 30.6 Mm. für die IV. und 26.9 Mm. für die V. Gruppe.

Der Orbitalaxenwinkel steht in directem Abhängigkeitsverhältniss zu der Orbitalaxendistanz und diese zur Grösse der Orbitaldistanz und zu der Distanz zwischen beiden inneren Orbitalrändern; ausser von der Orbitalaxendistanz hängt jedoch seine Grösse noch von der Tiefe der Orbita und am Meisten von der Distanz zwischen den Mittelpunkten der Orbitalöffnungen der Foramina optica ab.

Der Orbitalwandwinkel ist der Winkel, welcher von den beiden Linien eingeschlossen wird, die den äusseren Orbitalrand jeder Orbita mit der äusseren Opticuswand jeder Orbita verbinden. Diese Linien schneiden sich so zu sagen immer in der Sella turcica. Der Orbitalwandwinkel scheint in gewissem Abhängigkeitsverhältniss zu der Länge der äusseren Orbitalwand zu stehen, was besonders in den Gruppen IV und V deutlich hervortritt. Einer längeren äusseren Orbitalwand entspricht ein grösserer, einer kürzeren ein kleinerer Orbitalwandwinkel und da die mehr oder weniger bedeutende Länge der äusseren Orbitalwand einen grossen Einfluss auf die Grösse des Gesichtsöffnungswinkels übt, so wird auch einem grösseren oder kleineren Gesichtsöffnungswinkel häufig ein grösserer oder kleinerer Orbitalwandwinkel entsprechen. Dass bei langer äusserer Orbitalwand, womit sich zugleich, wenigstens in Gruppe IV und V, ein geringerer Tiefenabstand zwischen äusserem und innerem Orbitalrand verbindet, dennoch der Orbitalwandwinkel

grösser wird, ist auffallend, indem man eher das Gegentheil erwarten würde. Es ist diese eigenthümliche Erscheinung jedoch dadurch zu erklären, dass mit längerer äusserer Orbitalwand und grösserem Orbitalwandwinkel häufig eine geringere Distanz der Mittelpunkte der Foramina optica sich zu verbinden pflegt. Welchen Einfluss diese Distanz ausübt, erhellt aus den Durchschnittsresultaten der II. und III. Gruppe, wo lediglich die geringere Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica der II. Gruppe gegenüber der grösseren der III. Gruppe die Ursache eines grösseren Orbitalaxen- und trotz dem beträchtlichen Unterschied von 3.7 Mm. der Orbitaldistanz, eines gleich grossen Orbitalwandwinkels ist.

Allgemein kann man sagen, dass die Grösse des Orbitalwandwinkels von verschiedenen Maassen abhängt und zwar von der absoluten wie von der relativen (in Beziehung zur inneren Orbitalwand) Orbitaldistanz, von der Tiefe der Orbita, von der Länge der äusseren Orbitalwand, von der Distanz der Mittelpunkte der Foramina optica und von der Grösse des Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkels, von letzterem in so auffallender Weise, dass man sagen kann, dass der Orbitalwandwinkel um so grösser ist je kleiner der Seitenstandswinkel und um so kleiner je grösser dieser Winkel.

22) Orbitalwand-Augenaxen-Winkel, d. h. Winkel, unter welchen die Augenaxe oder eine gerade Linie, welche parallel zur Medianlinie des Kopfes gedacht wird, die äussere Orbitalwand, d. h. die den äusseren Orbitalrand mit der Ala orbitalis des Keilbeinflügels verbindende Gerade schneidet.

Diesen Winkel habe ich gemessen, weil er einerseits ein deutliches Bild von der mehr oder weniger bedeutenden Divergenz der äusseren Orbitalwände gibt, andererseits das einzige Maass ist, durch welches wir einen Anhaltspunkt darüber erhalten, unter welchem Winkel ungefähr der Musc. R. externus an den Augapfel tritt, insofern man nämlich die Lage und Richtung des letzteren mit der den äusseren Orbitalrand mit der Ala orbitalis des Keilbeinflügels verbindenden Linie einigermaassen identificiren kann.

Tab. 7.

	Durchschnittsresultate und Maxima und Minima:				
	I. Gruppe.	II. Gruppe.	III. Gruppe.	IV. Gruppe.	V. Gruppe.
22) Orbitalwand-Augenaxen-Winkel.					
O. d.	135°.9	134°.6	134°.7	135°.7	134°.3
O. s.	136°.7	135°.6	135°.5	136°.9	135°.1
Durchschnitt	*136°.3*	*135°.1*	*135°.1*	*136°.3*	*134°.7*
Maxima dieses Winkels	140°.3	137°.5	143°.0	141°.25	137°.4
Minima dieses Winkels	131°.1	133°.25	126°.6	130°.4	131°.4

In dieser Tabelle zeigt sich eine ziemlich grosse Aehnlichkeit der Maasse in allen Gruppen und überall ein etwas grösserer Winkel in der linken als in der rechten Orbita. Dagegen sind die Grenzen, innerhalb welcher sich die Maxima und Minima bewegen, ziemlich weit, so besonders in der 3. Gruppe, wo der Spielraum 16°.4 beträgt.

Die Grösse des Orbitalwand-Augenaxenwinkels hängt einzig von der Grösse des Orbitalwandwinkels ab, denn es ist klar, dass je grösser der letztere, um so kleiner der erstere und je kleiner der letztere, um so grösser der erstere werden muss; die Grösse des einen kann aus der Grösse des anderen geradezu berechnet werden, indem der Orbitalwandwinkel sich mit den beiden Orbitalwand-Augenaxenwinkeln zu 360° oder der durch die Medianlinie des Kopfes getheilte Orbitalwandwinkel sich mit dem Orbitalwand-Augenaxenwinkel zu 180° ergänzen muss und umgekehrt.

Da jedoch der Orbitalwandwinkel wieder in gewissen proportionalen Verhältnissen zu dem Orbitalaxen- und Gesichtsöffnungswinkel, zu der Orbitaldistanz, zur Tiefe der Orbita, zur Länge der äusseren Orbitalwand, zur Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica und besonders zum Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel steht, so ist dieses auch für den Orbitalwand-Augenaxenwinkel der Fall.

23) Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel, d. h. Winkel, welchen die die beiden äusseren Orbitalränder verbindende

Gerade oder die durch die äusseren Orbitalränder gelegte Frontalebene mit der Gesichtsöffnung der Orbita (Orbitalebene) einschliesst.

24) Orbitalaxen-Augenaxenwinkel, d. h. Winkel, welchen die Orbitalaxe mit der Augenaxe einschliesst, letztere parallel zur Medianebene des Kopfes gedacht.

25) Orbitalöffnungswinkel, d. h. Winkel, unter welchem sich die Verlängerungen der äusseren und der inneren Orbitalwand schneiden.

Tab. 8.

	Durchschnittsresultate und Maxima und Minima:				
	I. Gruppe.	**II. Gruppe.**	**III. Gruppe.**	**IV. Gruppe.**	**V. Gruppe.**
23) Fronto-Orbital- od. Seitenstandswinkel.					
O. d.	17°.5	16°.8	16°.6	17°.3	15°.0
O. s.	17°.9	16°.8	16°.4	17°.5	15°.0
Durchschnitt.	*17°.7*	*16°.8*	*16°.5*	*17°.4*	*15°.0*
Maxima	23°.0	21°.0	26°.0	23°.5	18°.4
Minima	14°.4	12°.1	7°.8	14°.5	12°.25
24) Orbitalaxen-Augenaxenwinkel.					
O. d.	21°.7	22°.7	21°.8	20°.9	22°.2
O. s.....	20°.6	22°.1	21°.6	20°.7	22°.2
Durchschnitt.	*21°.2*	*22°.4*	*21°.7*	*20°.3*	*22°.2*
Maxima	18°.5	25° 1	25°.0	23°.0	26°.1
Minima	17°.0	19°.5	16.°5	17°.0	20°.0
25) Orbitalöffnungswinkel.					
O. d.	44°.6	45°.3	47°.3	48°.5	48°.6
O. s.	44°.8	46°.4	47°.5	48°.75	48°.6
Durchschnitt.	*44°.7*	*45°.9*	*47°.4*	*48°.6*	*48°.6*
Maxima	49°.0	48°.9	56°.0	55°.0	54°.1
Minima	40°.9	43°.0	42°.75	42°.8	44°.1

Der erste dieser drei Winkel, von mir Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel genannt, weil er das Lage- und Stellungsverhältniss der Orbitalöffnung zur Frontalebene des Kopfes, mit andern Worten angibt um wie viel die senkrechte Orbitalöffnungsfläche im Vergleich zur Frontalebene seitlich steht, muss, wie natürlich, in directer Beziehung zum Gesichtsöffnungswinkel stehen, d. h. muss um so grösser sein je kleiner dieser und um

so kleiner je grösser dieser ist; noch mehr — der eine kann aus dem andern berechnet werden, indem die beiden Seitenstandswinkel sich mit dem Gesichtsöffnungswinkel zu 180° ergänzen müssen. Man könnte glauben der Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel gebe in Winkelmaass wieder, was auf Seite 59 als lineare Tiefendifferenz zwischen äusserem und innerem Orbitalrand bezeichnet worden ist. Doch würde man ein falsches Urtheil fällen, wollte man den Werth genannter Tiefendifferenz mit dem Werth des Fronto-Orbitalwinkels identificiren, denn die Grösse dieses Winkels wird nicht einzig durch diese Differenz bedingt, sondern noch durch die Grösse des Abstandes des äusseren Orbitalrandes vom inneren Orbitalrand. Es ist einleuchtend, dass, je grösser dieser Abstand, um so kleiner dieser Winkel bei gleicher Tiefendifferenz ausfallen muss und umgekehrt. Nur dann würden lineare Tiefendifferenz und Fronto-Orbitalwinkel zu identificiren sein, wenn die Entfernung zwischen innerem und äusserem Orbitalrand stets dieselbe wäre.

So beträgt z. B. die Tiefendifferenz in der II. Gruppe 11.4, in der Vten 11.2 Millimeter und sollte man daher ziemlich gleiche Fronto-Orbitalwinkel erwarten. Wir finden aber für die II. Gruppe einen Winkel von 16°.8 und für die Vte nur einen solchen von 15°.0, entsprechend dem Abstandsverhältniss des äussern vom innern Orbitalrand, welche für die II. Gruppe nur 39.8 Mm., für die Vte aber 42.8 Mm. beträgt.

Die Grösse des Orbitalaxen-Augenaxen-Winkels hängt einzig von der Grösse des Orbitalaxenwinkels ab und zwar im gleichen Grade wie der Orbitalwand-Augenaxenwinkel von dem Orbitalwandwinkel, mit dem Unterschiede nur, dass jeder um so grösser wird je grösser der andere und um so kleiner je kleiner der andere. Der Orbitalaxenwinkel ist gleich beiden Orbitalaxen-Augenaxenwinkeln zusammen, und jeder Orbitalaxen-Augenaxenwinkel für sich gleich derjenigen Hälfte des Orbitalaxenwinkels, welche, wenn der ganze durch die Medianlinie des Kopfes getheilt wird, auf seiner Seite liegt, als Wechselwinkel.

Der Orbitalöffnungswinkel endlich hat wenig Bedeutung. Seine Grösse wird vorzüglich durch die Breite der Orbitalapertur oder besser durch die Entfernung zwischen äusserem Orbitalrand und hinterer Begrenzungskante der Thränengrube und durch die Tiefe der Orbita bestimmt. Ausserdem zeigt sich ein eigenthüm-

lich constantes Verhältniss in allen Gruppen zwischen ihm und den Schädelmaassen, ganz besonders mit dem Breiten-Höhen-Index, mit welchem die Grösse des Orbitalöffnungswinkels fast gleichen Schritt hält.

Als letztes der von mir gefundenen Schädel- und Orbitalmaasse theile ich noch mit, dass der Flächenraum der Horizontalschnitte zwischen ca. 700—1000 Quadrat-Millimetern, am Häufigsten zwischen 800 und 900 Quadrat-Millimetern zu schwanken scheint.

Nachdem ich sämmtliche Durchschnittsresultate nun einzeln durchgangen und besprochen habe, bringe ich in der folgenden Tabelle 9 eine Zusammenstellung derselben und ihrer Minima und Maxima, um sie noch Ein Mal überblicken und zugleich mit Tabelle 10, in welcher ich diese Durchschnittsresultate in derselben Reihenfolge in Curven umgewandelt habe, unmittelbar vergleichen zu können, wodurch ich es dem Leser zu erleichtern hoffe sich selbst ein Urtheil darüber zu bilden, welche der gesuchten und gefundenen Maasse in gewissem Grössenverhältniss zu einander stehen und welche nicht. —

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Curven erkennt man einen ziemlich bedeutenden Unterschied zwischen den mehr kurzen Schädeln (Mischformen) der I.—III. Gruppe und den langen der IV. und V. Gruppe. Typische und auffälligere Unterschiede würden sich jedenfalls herausgestellt haben, wenn typisch kurze und typisch lange Schädel miteinander verglichen worden wären, doch lassen sich schon bei den vorliegenden deutliche Unterschiede wahrnehmen, welche eben bei ganz entgegengesetzten Schädelformen noch deutlicher hervorgetreten wären.

In Beziehung auf die Schädelmaasse beschränke ich mich auf folgende Bemerkungen:

a) bei den kurzen Schädeln (Mischformen) der I.—III. Gruppe stehen Länge, Breite und Höhe in proportionalem Verhältniss, sodass einem längeren Schädel, eine in fast gleichem Verhältniss grössere Breite und grössere Höhe entsprechen und umgekehrt. Daher laufen die drei Curven einander beinahe parallel und zwar besteht dieses proportionale

Verhältniss schon bei jugendlichen Individuen von 0 bis 20 Jahren;

b) bei den langen Schädeln der IV. und V. Gruppe laufen Länge und Breite einander s. z. s. ganz, die Höhe beinahe parallel; dagegen läuft die Breitencurve in nächster Nähe der Höhencurve, als Beweis, dass die Breite nur um sehr Weniges bedeutender ist als die Höhe (vergl. Curven 1—3).

Lange Schädel haben absolut geringere Breite als kurze Schädel, dagegen absolut bedeutendere Höhe. In innigerer Beziehung stehen Länge und Höhe als Länge und Breite.

Die Differenz zwischen Länge und Breite ist bei kurzen Schädeln absolut geringer als bei langen Schädeln (vgl. Curve 4) und die Differenz zwischen Breite und Höhe ist bei kurzen Schädeln absolut grösser als bei langen Schädeln (vgl. Curve 6), wo sie Null oder selbst negativ werden, d. h. die Höhe die Breite übertreffen kann.

Die Differenz zwischen Länge und Höhe ist bei kurzen wie bei langen Schädeln nahezu dieselbe, daher die Längen-Höhen-Indexcurve 5 für alle fünf Gruppen beinahe horizontal läuft.

Eigenthümlich verhalten sich zu den soeben besprochenen Schädelmaassen die Orbitalmaasse:

a) bei den kurzen Schädeln wachsen sämmtliche Orbitalmaasse mit Ausnahme der Distanz zwischen den innern Orbitalrändern (15), des Orbitalaxenwinkels (20), des Orbitalwand-Augenaxen-Winkels (22), des Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkels (23) und des Orbitalaxen-Augenaxen-Winkels (24), mit Zunahme der Schädelmaasse;

b) bei den langen Schädeln verhält sich die Mehrzahl der Orbitalmaasse umgekehrt proportional zu den Schädelmaassen, d. h. sie sind um so kleiner je grösser diese und um so grösser je kleiner diese. Eine Ausnahme von diesem Verhalten zeigen nur die Distanz zwischen den innern Orbitalrändern (15), die Distanz zwischen den hintern Begrenzungskanten der Thränengruben (16), die Distanz zwischen den Mittelpunkten der Foramina optica (17), die Distanz, um welche die äussern Orbitalränder hinter den innern zurückstehen (18), der Orbitalwand-

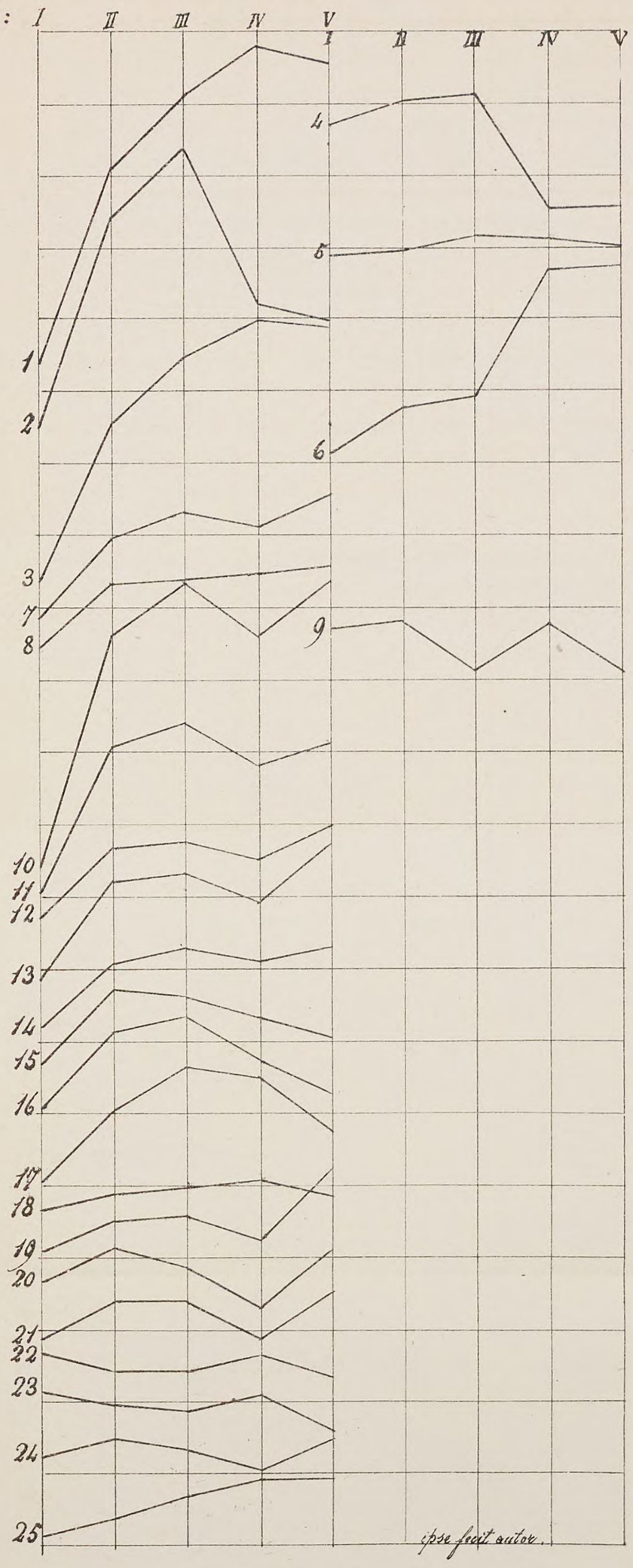
Ta-

	I. Gruppe.			II. Gruppe.		
	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt
1. Schädellänge	108.5—184		*159.5*	164.5—179		*173.6*
2. Schädelbreite	90 —146		*129.6*	138 —152.5		*144.1*
3. Schädelhöhe	84.5—131		*115.6*	121.5—132		*126.6*
4. Längen-Breiten-Index .	74 — 88.5		*81.3*	78.1— 86.9		*83.0*
5. Längen-Höhen-Index ..	65.5— 76.3		*72.5*	68.1— 76.0		*72.9*
6. Breiten-Höhen-Index ..	82.8— 96.7		*89.2*	80.0— 92.1		*88.0*
7. Breite d. Orbitalapertur	26.3— 39.9		*34.3*	36.3— 43.4		*39.8*
8. Höhe „ „	17.8— 33.8		*29.2*	30.3— 35.6		*33.6*
9. Orbital-Index	67.1— 93.3		*85.0*	80.4— 98.3		*84.5*
10. Orbitaldistanz.....	59 — 96		*80.8*	91 —103.5		*96.0*
11. Orbitalaxendistanz	34 — 58		*48.1*	54.8— 63.3		*58.3*
12. Tiefe der Orbita	24.6— 43.3		*34.7*	36.9— 42		*39.4*
13. Länge der äusseren Orbitalwand	29.1— 48		*39.4*	43.5— 48.1		*46.0*
14. Länge der inneren Orbitalwand	24.5— 45.9		*36.0*	37.4— 44		*40.3*
15. Distanz zwischen beiden inneren Orbitalrändern, d. h. den vorderen Begrenzungskanten der Thränengruben	9 — 20.5		*15.5*	16.5— 27.1		*20.6*
16. Distanz zwischen der rechten und der linken hintern Begrenzungskante der Thränengrube	11.5— 24		*18.3*	19.8— 27.1		*23.8*
17. Distanz zwischen den Mittelpunkten der Orbitalöffnung des Foramen opticum dexter et sinister.....	9.8— 30		*23.2*	23 — 31.1		*28.1*
18. Distanz, um welche die äusseren Orbitalränder hinter den inneren zurückstehen	6.9— 13		*10.4*	8 — 12		*11.4*
19. Gesichtsöffnungswinkel	134°.5—150°.8		*144°.6*	138°.2—155°		*146°.5*
20. Orbitalaxenwinkel	37°.3— 53°.8		*42°.4*	39°.5— 50°		*44°.7*
21. Orbitalwandwinkel ...	79°.8— 95°.3		*87°.4*	85°.3— 93°.5		*89°.9*
22. Orbitalwand - Augenaxenwinkel	130°.3—140°.3		*136°.3*	131° —137°.5		*135°.05*
23. Fronto - Orbital- oder Seitenstandswinkel....	14°.4— 23°		*17°.7*	12°.1— 21°		*16°.8*
24. Orbitalaxen-Augenaxenwinkel	18°.5— 27°		*21°.2*	19°.5— 25°.1		*22°.35*
25. Orbitalöffnungswinkel .	40°.9— 49°		*44°.7*	43° — 48°.9		*45°.9*

belle 9.

III. Gruppe.			IV. Gruppe.			V. Gruppe.		
Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt
164 —189		*178.5*	162.5—198		*182.1*	164.3—194		*180.8*
136 —157.5		*148.9*	132 —144		*138.0*	127.8—152.5		*136.8*
122.5—140		*131.2*	122.8—145.5		*133.9*	129 —139.5		*133.4*
78.9— 92.4		*83.4*	68.1— 88.6		*75.8*	68.5— 85.4		*75.7*
69.4— 83.8		*73.5*	65.1— 77.4		*73.6*	68.6— 82.4		*73.8*
79.6— 94.2		*88.1*	85.2—104.8		*97.0*	85.4—104.5		*97.5*
38.9— 46.3		*41.6*	36.4— 42.7		*40.7*	39.4— 46.6		*42.8*
29.5— 36.8		*34.0*	31.4— 38.8		*34.4*	31.1— 37.9		*34.9*
68.6— 88.6		*81.7*	80.8— 91.8		*84.6*	72.8— 90.6		*81.6*
91.8—106.5		*99.7*	87 —100.8		*96.1*	94.5—105		*99.9*
54 — 64.5		*60.0*	51 — 61		*57.2*	55 — 61.5		*58.6*
34.2— 43.3		*39.8*	35.5— 41.2		*38.5*	37.3— 46.3		*40.9*
39.3— 50.5		*46.6*	40.3— 47		*44.6*	45 — 54.5		*48.6*
38.4— 45		*41.4*	38 8— 43.8		*40.6*	36.9— 46.9		*41.5*
15.5— 25.4		*20.1*	15 — 22		*18.7*	13.5— 20.5		*17.2*
20.5— 29.2		*24.7*	18.3— 24.6		*21.8*	17.2— 23.2		*20.3*
26 — 38.5		*31.2*	27.3— 34.5		*30.6*	20.8— 32.5		*26.9*
5.3— 19.3		*12.0*	9.1— 16.9		*12.3*	8.6— 13.6		*11.2*
128°.6—164°.8		*147°.0*	133°.5—151°.8		*145°.3*	144° —156°.1		*150°.1*
32°.9— 50°.0		*43°.4*	34° — 46°		*40°.6*	39°.8— 52°.3		*44°.4*
74°.1—107°		*89°.9*	79° — 95°.3		*87°.4*	85°.5— 97°		*90°.6*
126°.6—143°.0		*135°.05*	130°.4—141°.3		*136°.3*	131°.4—137°.4		*134°.7*
7°.8— 26°		*16°.5*	14°.5— 23°.5		*17°.4*	12°.3— 18°.4		*15°.0*
16°.5— 25°		*21°.7*	17° — 23°.0		*20°.3*	20° — 26°.1		*22°.2*
42°.8— 56°		*47°.4*	42°.8— 55°.0		*48°.6*	44°.1— 54°.1		*48°.6*

Tabelle 10.



Augenaxen-Winkel (22), und der Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel (23), welche Maasse ab- und zunehmen mit der Ab- und Zunahme der drei Schädelmaasse.

Man kann also mit Ausnahme der genannten Maasse sagen, dass bei den kürzern Schädeln die Mehrzahl aller übrigen Maasse mit der Zunahme der Schädelmaasse wächst, mit ihrer Abnahme fällt und bei den langen Schädeln die Mehrzahl der Maasse mit Zunahme der Schädelmaasse abnimmt, mit deren Abnahme zunimmt.

Dasjenige Maass, welches unter allen Schädel- und Orbitalmaassen absolut am Meisten zu wachsen scheint, ist die Orbitaldistanz (10), welche, wenigstens bei den von mir untersuchten Schädeln, um 15.2 Millimeter zunimmt, wie aus Curve 10 deutlich hervorgeht.

Eingehender will ich die Curventafel nicht besprechen, es genügt auf einiges Wesentliche aufmerksam gemacht zu haben, alles Uebrige hat weniger Bedeutung und ist mit Leichtigkeit herauszulesen.

Nicht unwichtig und uninteressant schien mir jedoch noch zu untersuchen, in welchem relativen Grössenverhältniss die einzelnen Maasse bei den einzelnen Gruppen zu einander stehen. Zu diesem

Ta-

	Index-
	I : II u. III
1. Schädellänge	159.5 : 176 = 100 : 110
2. Schädelbreite	129.6 : 146.5 = 100 : 113
3. Schädelhöhe	115.6 : 128.8 = 100 : 111
7. Breite der Orbitalapertur	34.3 : 40.7 = 100 : 119
8. Höhe „ „	29.2 : 33.8 = 100 : 116
10. Orbitaldistanz	80.8 : 97.85 = 100 : 121
11. Orbitalaxendistanz	48.1 : 59.15 = 100 : 123
12. Tiefe der Orbita	34.7 : 39.6 = 100 : 114
13. Länge der äussern Orbitalwand	39.4 : 46.3 = 100 : 118
14. Länge der innern „	36.0 : 40.85 = 100 : 113
15. Distanz zwischen beiden innern Orbitalrändern, d. h. zwischen den vordern Begrenzungskanten der Thränengruben	15.5 : 20.35 = 100 : 131
16. Distanz zwischen den hintern Begrenzungskanten der Thränengruben	18.3 : 24.25 = 100 : 133
17. Distanz zwischen den Mittelpunkten der Foramina optica	23.2 : 29.65 = 100 : 128

Zwecke wurden in folgender Tabelle 11 sämmtliche Maasse der Gruppe I mit denjenigen der Gruppen II und III, also I : II u. III verglichen, d. h. mit dem Durchschnittsmaass der weiblichen und männlichen Schädel unserer Bevölkerung zusammen, da bei den jugendlichen Schädeln der Gruppe I eine Trennung der beiden Geschlechter auch nicht besteht. Ferner wurden mit einander verglichen, d. h. wurde der Index gesucht zwischen den weiblichen (Gr. II) und den männlichen Schädeln (Gr. III) unserer Bevölkerung (II : III), ferner der Index der männlichen Schädel (Gr. III) unserer Bevölkerung und der langen Turko-Schädel der IV. Gruppe (III : IV), ferner der Index der III. und der V. Gruppe (III : V), welch letztere ja ebenfalls langen Schädeln angehört, ferner der Index der III. Gruppe und der IV. und V. Gruppe zusammen (III : IV und V), endlich der Index der IV. und der V. Gruppe (IV : V).

Während uns also Zahlentabelle 9 und Curventabelle 10 die absoluten Maasse und Grössenverhältnisse wiedergegeben haben, finden wir in Tab. 11 die relativen Grössenverhältnisse.

Für die Nummern der Maasse sind dieselben beibehalten worden, welche die gleichen Maasse bisher stets gehabt haben.

belle 11.

zahlen.

II : III	III : IV	III : V	III : IV u. V	V : IV
100 : 102	100 : 102	100 : 101.3	100 : 101.6	100 : 100.7
100 : 103	100 : 93	100 : 92	100 : 92.5	100 : 100.9
100 : 104	100 : 102	100 : 102	100 : 102	100 : 100.4
100 : 105	100 : 98	100 : 103	100 : 100.5	100 : 95
100 : 101	100 : 99	100 : 102.7	100 : 99.9	100 : 98.6
100 : 104	100 : 96	100 : 100.2	100 : 98	100 : 96.2
100 : 103	100 : 95	100 : 99	100 : 97	100 : 97.6
100 : 101	100 : 97	100 : 103	100 : 100	100 : 94
100 : 101.3	100 : 96	100 : 104	100 : 100	100 : 92
100 : 103	100 : 98	100 : 100.2	100 : 99	100 : 98
100 : 97.5	100 : 90	100 : 86	100 : 88	100 : 109
100 : 104	100 : 88	100 : 82	100 : 85	100 : 107.3
100 : 111	100 : 98	100 : 86.2	100 : 92	100 : 114

	Index-
	I : II u. III
18. Distanz, um welche die äussern Orbitalränder hinter den innern zurückstehen (Tiefendifferenz)	10.4 : 11.7 = 100 : 112
19. Gesichtsöffnungswinkel	144°.6 : 146°.75 = 100 : 102
20. Orbitalaxenwinkel	42°.4 : 44°.05 = 100 : 104
21. Orbitalwandwinkel	87°.4 : 89°.9 = 100 : 103
22. Orbitalwand-Augenaxen-Winkel.....	136°.03 : 135°.05 = 100 : 99
23. Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel	17°.7 : 16°.7 = 100 : 95
24. Orbitalaxen-Augenaxen-Winkel	21°.2 : 22°.03 = 100 : 104
25. Orbitalöffnungswinkel	44°.7 : 44°.65 = 100 : 104

Der ersten Indexreihe I : II und III entnehme ich, dass sämmtliche Maasse des jugendlichen Schädels hinter denjenigen des erwachsenen mehr oder weniger zurückstehen und nur der Orbitalwand-Augenaxen-Winkel (22) und der Seitenstandswinkel (23) eine Ausnahme hievon machen, indem diese Maasse diejenigen des Erwachsenen übertreffen, sodass sie im späteren Wachsthum des Schädels abnehmen müssen. Dieses ergab sich auch schon aus der Curventabelle 10. Während aber aus letzterer hervorgeht, dass keines aller Schädel- und Orbitalmaasse absolut so sehr wächst wie die Orbitaldistanz, indem keine andere Curve so sehr ansteigt, so zeigen die Indexzahlen einigermaassen andere Verhältnisse. Aus diesen geht hervor, dass die bedeutendste Grössendifferenz zwischen jugendlichem und ausgewachsenem Schädel im Verhältniss zu der Grösse der Maasse, welche der jugendliche Schädel schon innehat, für die Distanz zwischen den hintern Begrenzungskanten der Thränengruben (16) mit 100 : 133 besteht. Dieser folgt die Distanz zwischen beiden innern Orbitalrändern (15) mit 100 : 131, dieser die Distanz zwischen den Mittelpunkten beider Foramina optica (17) mit 100 : 128, dieser die Orbitalaxendistanz (11) mit 100 : 123, dieser erst die Orbitaldistanz (10) mit 100 : 121 und hierauf die Breite der Orbitalapertur (7) mit 100 : 119.

Aus diesen Resultaten ergibt sich daher, dass das Wachsthum des kindlichen Schädels in die Breite, insofern es wenigstens die hier in Betracht gezogenen Maasse betrifft, im Verhältniss zu der vorhandenen und der überhaupt zu erreichenden Grösse der Maasse, dasjenige in die Länge und Höhe z. Th. bei Weitem übertrifft.

zahlen.

II : III	III : IV	III : V	III : IV u. V	V : IV
100 : 105	100 : 102.5	100 : 93.3	100 : 98	100 : 109.8
100 : 100.3	100 : 99	100 : 102.1	100 : 100.6	100 : 96.8
100 : 97	100 : 93.5	100 : 102.3	100 : 98	100 : 91.4
100 : 100	100 : 97.2	100 : 100.8	100 : 99	100 : 96.5
100 : 100	100 : 100.9	100 : 99	100 : 100.4	100 : 96.5
100 : 98.2	100 : 105.5	100 : 90.9	100 : 98.1	100 : 116
100 : 97	100 : 93.5	100 : 102.3	100 : 98	100 : 91.4
100 : 103	100 : 102.5	100 : 102.5	100 : 102.5	100 : 100

Den genannten Maassen folgt die Länge der äussern Orbitalwand (13) mit 100 : 118, dieser die Höhe der Orbitalapertur (8) mit 100 : 116, dieser die Tiefe der Orbita (12) mit 100 : 114, dieser die Schädelbreite (2) und die Länge der innern Orbitalwand (14), beide mit 100 : 113, dann die Distanz, um welche die äussern Orbitalränder hinter den innern zurückstehen (18) mit 100 : 112, hierauf die Schädelhöhe (3) mit 100 : 111, dieser folgt erst die Schädellänge (1) mit 100 : 110, dieser der Orbitalaxenwinkel (20), der Orbitalaxen-Augenaxenwinkel (24) und der Orbitalöffnungswinkel (25), alle drei mit 100 : 104, diesen der Orbitalwandwinkel (21) mit 100 : 103 und der Gesichtsöffnungswinkel (19) mit 100 : 102 und diesen endlich die am jugendlichen Schädel grösseren Maasse des Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkels (23) mit 100 : 99 und der Orbitalaxen-Augenaxenwinkel (24) mit 100 : 95.

Die Winkelmaasse stehen sämmtlich denjenigen des ausgewachsenen Schädels sehr nahe, sodass daraus der Schluss zu ziehen ist, dass, wie auch aus den Curven der Tab. 10 und aus den Horizontalschnitten der Tafeln I—IV zu ersehen ist, das proportionale Grössenverhältniss der einzelnen Schädel- und Orbitaltheile demjenigen des ausgewachsenen Schädels bereits sehr ähnlich ist.

Die zweite Indexreihe (II : III), in welcher die relativen Grössenverhältnisse zwischen weiblichen und männlichen Schädeln unserer Bevölkerung zusammengestellt sind, lässt folgende Eigenthümlichkeiten erkennen: Sämmtliche Schädel- und Orbitalmaasse des männlichen Schädels übertreffen diejenigen des weiblichen an Grösse,

mit Ausnahme der Distanz zwischen den innern Orbitalrändern (15), des Orbitalaxenwinkels (20), des Seitenstandswinkels (23) und des Orbitalaxen-Augenaxenwinkels (24), was auch die Curventabelle lehrt. Dagegen ergibt sich aus den Indexzahlen, dass die grösste Differenz die Distanz zwischen den Mittelpunkten der Orbitalöffnung der Foramina optica (17) mit 100 : 111 betrifft. Nach vorn, d. h. gegen die Nase zu, verschmächtigt sich jedoch die Trennungswand zwischen beiden Augenhöhlen beim männlichen Schädel weit mehr als beim weiblichen, sodass die Distanz zwischen den innern Orbitalrändern (15) beim weiblichen Schädel sogar grösser ist als beim männlichen.

Ferner zeigt sich, dass zwischen der Breite der Orbitalapertur ein grösserer Unterschied besteht als zwischen der Höhe, so zwar, dass die weibliche Orbitalöffnung ähnlich derjenigen der Gruppen I und IV mehr rundlich, die männliche dagegen ähnlich derjenigen der Gruppe V mehr queroval ist. Ausserdem steht der äussere Orbitalrand des männlichen Schädels gegenüber dem innern, weiter zurück als beim weiblichen (100 : 105). Dazu steht jedoch in fast proportionalem Verhältniss die Orbitaldistanz (100 : 104), sodass der Seitenstandswinkel (23) für Gruppe II und III beinahe gleich werden muss und auch wird, d. h. 100 : 99, und ebenso auch der Gesichtsöffnungswinkel (19) 100 : 100.3 beträgt. Orbitalwandwinkel (21) und Orbitalwand-Augenaxenwinkel (22) sind die beiden einzigen Maasse, welche bei weiblichen und männlichen Schädeln gleich, d. h. 100 : 100 gefunden wurden.

Unter den Schädelmaassen differirt am Meisten die Höhe, weniger die Breite, am Wenigsten die Länge, alle drei unterscheiden sich jedoch nur um je 1.

In der dritten Indexreihe (III : IV) habe ich die relativen Grössenverhältnisse zwischen kurzen Schädeln männlicher Individuen unserer Bevölkerung und langen Schädeln männlicher Turkos zusammengestellt. Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass die grosse Mehrzahl der Maasse langer Schädel hinter denjenigen kurzer Schädel zurückbleibt, mit Ausnahme der Schädellänge (1), der Schädelbreite (3), der Distanz, um welche die äussern Orbitalränder hinter den innern zurückstehen (18), des Orbitalwand-Augenaxenwinkels (22), des Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkels (23)

und des Orbitalöffnungswinkels (25). Die bedeutendste Grössendifferenz zeigt die Distanz zwischen den hintern Begrenzungskanten der Thränengruben (16) mit 100 : 88 und nächst dieser die Distanz zwischen den innern Orbitalrändern (15) mit 100 : 90. Damit erschöpft sich aber auch eine grössere Differenz in den Breitemaassen, welche doch eigentlich anzunehmen wäre, da ja das Charakteristische des Langschädels in dem kleineren Längen-Breiten-Index und dem grösseren Breiten-Höhen-Index zu suchen ist. Es lässt sich also keineswegs nachweisen, dass Längenmaasse länger und Breitenmaasse kürzer wären als bei kurzen Schädeln, was aus den Indices der Gruppe III zu Gruppe V noch deutlicher hervorgeht.

In der vierten Indexreihe (III : V) sind die relativen Grössenverhältnisse zwischen kurzen männlichen Schädeln unserer Bevölkerung und langen Schädeln verschiedener fremder Raçen zusammengestellt. Während nun die Schädelindices fast identisch sind mit denjenigen der vorhergehenden Reihe, so ist dieses nicht der Fall für alle die übrigen, was mir ein Beweis dafür zu sein scheint, dass es dolichocephale Schädel gibt, welche vermöge ihrer Schädelmaasse zu den langen Schädeln gehören, deren übrige Maasse jedoch, wenigstens was die von mir in Betracht gezogenen betrifft, den brachycephalen sehr ähnlich sind. Ein Unterschied ist jedoch ausser den Schädelmaassen charakteristisch für den Langschädel und findet sich daher auch in der V. Gruppe, es ist die Breite der Scheidewand zwischen beiden Orbitae; diese ist auch in Gruppe V hinsichtlich der Distanz zwischen den innern Orbitalrändern (15), der Distanz zwischen den hintern Kanten der Thränengruben (16) und der Distanz der Mittelpunkte der Foramina optica (17) geringer und sogar in noch höherem Grade geringer als in Gruppe IV. Mit diesem in Zusammenhang steht, wie in den übrigen Gruppen, die Orbitalaxendistanz, welche kleiner ist bei schmaler und grösser bei breiter Scheidewand.

In der fünften Indexreihe (III : IV u. V) habe ich die IIIte Gruppe mit den Durchschnittszahlen der IVten und Vten zusammen verglichen und hebe ich als Wesentlichstes dieser Zusammenstellung hervor, dass auch hier wieder die Trennungswand beider Orbitae den bedeutendsten Grössenunterschied nachweisen lässt. Demgemäss ist auch die Orbitalaxendistanz etwas kleiner. Dagegen sind die

beiden wichtigsten Längenmaasse der Orbita, nämlich die Tiefe derselben (12) und die Länge der äussern Orbitalwand (13) identisch mit Gruppe III, d. h. kürzer in Gruppe IV und etwas länger in Gruppe V, im Durchschnitt aber gleich mit Gruppe III, d. h. 100 : 100, und die Länge der innern Orbitalwand beinahe gleich, d. h. 100 : 99.

In einer sechsten Indexreihe endlich habe ich die Maasse der beiden Langschädelgruppen IV und V, d. h. V : IV miteinander verglichen, da sie beide einigermaassen verschieden sind.

Unter den Schädelmaassen, welche sämmtlich in Gruppe IV grösser sind als in Gruppe V unterscheidet sich am Meisten die Schädelbreite, jedoch nur durch 0.9. Kleiner sind dagegen in Gruppe IV die Maasse 7—14, grösser diejenigen der Trennungswand beider Orbitae 15—17 und die Tiefendifferenz 18, in beiden Gruppen gleich ist der Orbitalöffnungswinkel 25. Die grösste Differenz zeigt der Fronto-Orbital- oder Seitenstandswinkel (23) mit 100 : 116, sodass also in der IV. Gruppe die Orbitae ziemlich mehr seitlich stehen müssen als in Gruppe V, was auch beim Vergleich der Gruppen IV und V in Tafel IV deutlich hervortritt.

Ueberblickt man das Gefundene, so ergibt sich aus den relativen Grössenverhältnissen zwischen den einzelnen Gruppen zum Theil Gleiches, zum Theil Anderes als aus den abstracten Zahlen der Tafel 9. Als Wesentlichstes, ausser der bereits hervorgehobenen verhältnissmässig geringen Differenz zwischen Längen- und Breitenmaassen der Orbitae bei langen und bei kurzen Schädeln, dass in allen Gruppen die Maasse der Trennungswand beider Orbitae, d. h. die Distanzen 15—17 vor allen andern Maassen die grössten Differenzen zeigen und bei langen Schädeln absolut kleiner sind als bei kurzen Schädeln.

Zugleich ergibt sich schliesslich auch aus den hier niedergelegten Untersuchungen, wie bereits aus meinen im ersten Theile dieser Arbeit besprochenen, dass meine Resultate in mehrfacher Hinsicht mit denjenigen von Mannhardt (l. c.) nicht übereinstimmen. So besonders, dass kurze Schädel eine geringere Entfernung der Augendrehpunkte haben und dieses mit hypermetropem Auge, und dass lange Schädel eine grössere Entfernung der Drehpunkte haben und dieses mit myopem Auge coïncidiren

solle. Ferner, dass bei langen Schädeln die Orbitae mehr seitlich, die Axen einen grösseren Winkel (M. trug dem wichtigen Einfluss der Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica zu wenig Rechnung) einschliessen, die Augenhöhlen tiefer sein sollen u. A. mehr.

Indem ich meine aus 64 Schädeln gewonnenen Resultate hier veröffentliche, bin ich gezwungen Einiges wiederzubringen, was bereits bekannt ist, allein man wird mir zugestehen, dass manches Maass hier gemessen ist, welches, so viel mir bekannt, noch nie gemessen oder wenigstens durch Veröffentlichung nicht bekannt geworden ist, auch müsste mir entgangen sein, wenn die relativen Grössenverhältnisse aller dieser Maasse schon einmal in vergleichender Weise in Betracht gezogen worden wären. Eine Arbeit von Jäsche, welche im Jahre 1874 in der Dorpater Med. Zeitschrift V. p. 163—166: „Ueber die Beziehungen gewisser Augenübel zum Bau des Schädels“ erschienen ist, war mir, trotz gemachter Versuche, nicht möglich zu erhalten und so kann es gar wohl sein, dass in dieser bereits Manches enthalten, was nun von mir zum zweiten Male untersucht worden ist.

Allein, wenn auch Alles schon ein Mal erforscht worden wäre, so glaube ich doch wenigstens keine unnütze Arbeit ausgeführt zu haben, indem es ja immerhin ein gewisses Interesse bietet bei verschiedenen Nationalitäten und Raçen gefundene Maasse miteinander vergleichen zu können, da wohl zu erwarten steht, dass auch für die Orbitalmaasse gewisse Eigenthümlichkeiten sich kundgeben werden, wie dieses für die Schädelmaasse von den Anthropologen längst erkannt worden ist.

Meinem auf Seite 23 in Aussicht gestellten Programme gemäss müssten jetzt vergleichende Schädel- und Orbitalmaasse folgen von Individuen, deren Refractionszustand bei Lebzeiten genau festgestellt worden wäre. Solche vergleichende Messungen würden einmal die Frage ihrer Lösung näher rücken, ob gewisse anatomische Unterschiede im Bau der Orbitae charakteristisch sind für Myopie und Hypermetropie, ja, ob ein solcher Bau vielleicht mehr oder weniger Bedingung sein kann für die Entstehung und Ver-

erbung gewisser Refractionszustände. Der Werth solcher Untersuchungen ist wohl einleuchtend. Um so mehr muss ich bedauern, dass ich nicht im Falle bin solche liefern zu können. Alle Bemühungen zu solchen zu gelangen sind gescheitert. Kein Fall kam zu meiner Untersuchung und es bleibt nichts übrig als die Hoffnung, dass es einem Anderen einmal gelingen werde, eine Anzahl solcher Untersuchungen an sicher constatirten Fällen auszuführen, — eine Mühe, die ja nicht einmal sehr gross ist, wenn man sich meiner Messungsmethode bedienen will.

III. Theil.

Ursachen der Myopie, der Insufficienz der Interni u. A.

Die wegen mangelndem Materiale bestehende Unmöglichkeit Orbitamessungen an Schädeln solcher Individuen auszuführen, deren Refractionszustand bei Lebzeiten genau constatirt worden wäre einerseits und die von mir gewonnenen Messungsresultate an Lebenden im I. Theil und an Schädeln im II. Theile dieser Arbeit andererseits, riefen in mir das Bedürfniss wach, unter Benützung der gewonnenen Resultate für obige Untersuchungen einen, wenn auch nur theilweisen Ersatz zu finden.

Dieser Ersatz schien mir dadurch am Besten gegeben, dass ich mir einen Apparat construirte, welcher einen Horizontalschnitt der Orbita darstellte. Letzterer wurde so eingerichtet, dass ich dem Auge, resp. seinem Drehpunkte alle Stellungen zu geben vermochte, wie sie von der Entfernung beider Augen und von der Tiefe der Orbita abhängen.

Mit diesem Apparate hoffte ich die Mannhardt'sche Theorie wenigstens theilweise mir vor Augen führen, dann aber auch eine eigene Theorie erproben zu können, welche ich mir besonders seit dem Erscheinen der Schnabel'schen[1]) Arbeit über die Entstehung der Coni, des Staphyloma posticum, der Axenverlänge-

[1]) J. Schnabel. Zur Lehre von den Ursachen der Kurzsichtigkeit. Arch. f. Ophth. Bd. XX. Ab. 2. 1874.

rung des Bulbus und der Insufficienz der Interni gemacht habe.

Mit den bisherigen Ansichten über diese Verhältnisse konnte man allerdings nicht in allen Theilen sich einverstanden erklären und es ist daher ein Verdienst Schnabel's dieselben einer gerechten und auf wirkliche Thatsachen sich stützenden Kritik unterworfen und ganz besonders über die verschiedenen Arten der Coni und über die Entstehung derselben neue Ideen in überzeugendster Weise mitgetheilt zu haben. Indem ich mich seinen in dieser Arbeit niedergelegten Ansichten und zur Widerlegung gewisser bisheriger Anschauungen beigebrachten Argumenten in fast allen Theilen anschliessen kann, würde es mir eigentlich erlassen bleiben von diesen zu sprechen. Doch fordert es die Vollständigkeit dieser Arbeit, dass ich auch diese wenigstens berühre, wenn ich anführe, was über die Ursachen der Entstehung der Kurzsichtigkeit u. A. geglaubt worden ist und welche die herrschenden Ansichten hierüber jetzt noch sind.

Schon Beer[1]) — und viele Andere nach ihm — betrachtete ausser „zu starker Wölbung der Hornhaut“ oder der „vordern Hälfte der Krystalllinse“ oder „nicht verhältnissmässiger Quantität der Glaskörperfeuchtigkeit“ (in letzterem Falle sollte das Auge nicht mehr richtig stehen, zu gross erscheinen, mit einem Worte ein „Glotzauge“ sein) oder „einem ungewöhnlichen Turgor vitalis“, der „zu frühzeitige Brechung und Vereinigung der Lichtstrahlen“ und besondere „Dichtheit der Hornhaut“, der „Linse“ oder des „ganzen Augapfels“ hervorrufen und „Folge einer vorübergehenden Turgescenz schon bei Kindern, bei Erwachsenen Folge von Congestionen nach dem Kopf und Vollblütigkeit in den Augen“ sein soll, oder „ungewöhnlich habituell gewordener Erweiterung der Pupille (Mydriasis)“ oder „angeborener fehlerhafter Bildung des Augapfels“, als „Häufigstes“ aber „entfernt Ursächliches“ der Kurzsichtigkeit eine „fehlerhafte Länge des Augapfels“, „nicht sowohl angeboren, sondern erst durch immerwährende Einwirkung der beiden schiefen Augapfelmuskel“ bei langandauernder Beschäftigung besonders mit kleinen

---

[1]) Beer. Lehre von den Augenkrankheiten. Wien 1817. Bd. II. p. 653.

Gegenständen. „Daher auch die Kurzsichtigkeit bei Stubengelehrten, Kupferstechern u. dgl. so zu sagen zu Hause ist.“

Die schiefen Augenmuskeln sollten also einen solchen Druck auf das Auge ausüben, dass dadurch der Bulbus verlängert würde. Da solche Fälle gerade bei Leuten beobachtet wurden, welche sich mit kleinen Gegenständen beschäftigten, so wurde der Schluss gezogen, dass es sich bei solchen um eine Accommodationsanomalie [vgl. Berthold[1])] und einen dauernden Krampfzustand der Augenmuskeln handle. Auf letztere Annahme gestützt, suchte man diese abnorme Spannung durch Durchschneidung der Augenmuskeln zu heilen.

Guérin[2]) nahm sogar eine besondere Art von Myopie an, die auf abnormer Kürze oder activer Retraction der Augenmuskeln und zwar der Recti, namentlich des R. internus und externus, beruhe, und behandelte, wie auch Andere, solche Fälle damit, dass er einzelne oder selbst alle vier Recti durchschnitt.

Velpeau[3]) war der erste, der den Antagonismus der geraden und schiefen Augenmuskeln (eine damals verbreitete Ansicht) und die Myopie als Folge einer Compression des Bulbus, anzweifelte und nur so viel zugab, dass die Myopie Schielender nach der Strabismus-Operation oft verschwindet.[4])

Erst durch Stellwag[5]), Ed. v. Jäger[6]) und Donders[7]) wurden die Refractions- und Accommodationsanomalien in diejenigen Bahnen gelenkt, in welchen sie jetzt sind.

Der Art und Menge der Arbeit schreiben sie, bei einer gewissen in vielen Fällen vorhandenen Prädisposition, die Hauptursache für Entstehung und Vererbung der Kurzsichtigkeit zu. Da letztere bei Weitem häufiger in den gebildeten Ständen vorkommt,

---

[1]) Berthold. Das Myopodiorthoticon oder der Apparat die Kurzsichtigkeit zu heilen. Göttingen 1840.

[2]) Guérin. Gaz. méd. de Paris 1841. No. 12. pag. 177.

[3]) Velpeau. Annal. de la chirurgie franç. et étrang. 1842 Mai, p. 96. seq.

[4]) Vgl. auch Hirsch, Geschichte der Ophthalmologie. Gräfe und Sämisch, Handbuch d. ges. Augenheilkunde. Bd. VII. p. 519. 1877.

[5]) Stellwag. Die Accommodationsfehler des Auges. Wien 1855.

[6]) Ed. v. Jäger. Einstellung des dioptrischen Apparates. Wien 1861.

[7]) Donders. Die Anomalien der Refraction und Accommodation. Wien 1866.

hält Donders die Anstrengung des Auges für nahe Gegenstände als Hauptursache und nimmt als Erklärung für die unter solchen Umständen entstehende Axenverlängerung des Auges drei Hauptfactoren an:

1) Druck der Muskeln auf den Augapfel bei starker Convergenz der Sehaxen; 2) Vermehrung des intraocularen Druckes, bedingt durch Ueberhäufung des Auges mit Blut bei vorüber geneigter Haltung des Kopfes; 3) Congestionszustände im Augenhintergrunde, welche zur Erweichung der Gewebe führen und selbst bei normalem, aber mehr noch bei erhöhtem intraocularem Drucke, Ausdehnung der Häute veranlassen. Dass die Ausdehnung bei vermehrtem Drucke hauptsächlich am hintern Pole auftritt, lässt sich dadurch erklären, dass diese Stelle einer Stütze durch die Augenmuskeln und ihre Scheiden entbehrt etc.

Sämmtliche bis dahin gemachten Schuluntersuchungen stimmen allerdings mit diesen Anschauungen im Grossen Ganzen überein, insofern sie eine Zunahme der Häufigkeit und der Grade der Kurzsichtigkeit mit der Zunahme der Länge der Arbeit und der Art der Beschäftigung beweisen, und zudem noch bei einer stets mehr oder minder grossen Zahl solcher Schüler, bei welchen die Möglichkeit einer erblichen Prädisposition kaum geläugnet werden kann.

Dobrowolsky[1]) läugnet das Vorhandensein einer hereditären Prädisposition für Myopie. Er unterscheidet zwei Formen von letzterer, eine angeborene, welche nicht als Prädisposition, sondern als bereits verlängerte Sehaxe vererbt wird, und eine erworbene, von der ersteren völlig verschiedene. „Bei dieser Form verlängert sich die Sehaxe in Folge von Entwicklung atrophischer Veränderungen an den Sehnerven; sie kann sich im normalen oder sogar im hypermetropischen Auge durch übermässige Accommodationsanstrengungen entwickeln“. (p. 93).

Erismann[2]) läugnet ebenfalls hereditäre Prädisposition, wel-

---

[1]) Dobrowolsky. Beiträge zur Lehre von den Anomalien der Refraction und Accommodation des Auges. Ausserordentl. Beilageheft zu d. klin. Monatsblättern von Zehender. VI. Bd. 1868.

[2]) Erismann. Ein Beitrag zur Entwicklungs-Geschichte der Myopie, gestützt auf die Untersuchung der Augen von 4358 Schülern und Schülerinnen. Arch. f. Ophth. Bd. XVII. 1871.

cher man viel zu viel Gewicht beigelegt habe. Die bei anhaltender Beschäftigung mit kleinen Objecten nothwendige Accommodation gehe in Accommodationskrampf über, in Folge dessen allmälich jene Gewebsveränderungen am Sehnervenrande entstehen, „wo die Chorioidea am verschiebbarsten ist“ und welche für Myopie ja charakteristisch seien. Zugleich veranlasse die mit Accommodation verbundene und bei Accommodationskrampf natürlich in noch höherem Grade nothwendige Convergenz Erhöhung des intraocularen Druckes und dadurch wieder Verlängerung des Bulbus (progressive Myopie), was bei der Weichheit der Wandungen des jugendlichen Auges um so mehr möglich sei, als bei Convergenz des myopen Auges eine Zerrung der Sklera am äussern Umfange des Sehnerven entstehe, durch welche die äussere Sehnervenscheide und die äussere Lamelle der Sklera abgehoben [1]) und auf diese Weise das Auge an dieser Stelle einer wichtigen Stütze gegen den intraocularen Druck beraubt werde.

Schiess [2]) bespricht ebenfalls die Frage der Entstehung der Myopie und wendet sich gegen „das Dogma von der Unheilbarkeit der Myopie“. Er betrachtet den Accommodationskrampf als das constante Anfangsstadium in der Entwicklung der Kurzsichtigkeit.

Für Stellwag, Jäger und Donders ist also erbliche Prädisposition für Entstehung der Kurzsichtigkeit das Wesentliche. Einen Einfluss der Accommodation anerkennen sie nicht, wenn auch anhaltende Arbeit von ihnen als hauptsächliche Ursache der Kurzsichtigkeit betont wird.

Dobrowolsky, Erismann und Schiess leugnen die Nothwendigkeit der hereditären Prädisposition, für sie ist Accommodationskrampf [3]) das hauptsächliche Entstehungsmoment für Myopie.

Die Mitte zwischen beiden Richtungen hält eigentlich Mannhardt [4]), welcher für die Entstehung der Myopie Heredität,

---

[1]) vgl. Schweigger. Zur pathologischen Anatomie der Chorioidea. Arch. f. Ophth. Bd. IX. 1. 1863.

[2]) Schiess-Gemuseus. Beitrag zur Therapie der Myopie. 22 S. und Tabellen. Basel, Ch. Meyri. 1872.

[3]) vgl. auch Hosch. Bericht f. 1871. Basel.

[4]) J. Mannhardt. Musculäre Asthenopie und Myopie. Arch. f. Ophth. Bd. XVII. Ab. 2. 1871.

doch nur die Disposition dazu mitwirken lässt. Die eigentliche Ursache der Entwicklung der M. sieht er im Accommodationskrampf (bedingt durch musculäre Asthenopie) mit Congestionszuständen, durch deren Folgen (Sklero-Chorioiditis post. etc.) er zur Ektasie führt. Nicht die Accommodationsanstrengung an sich verursacht die innern Congestionen, sonst könnten diese bei H. nicht fehlen, sondern die Convergenz; diese macht sich besonders geltend bei anhaltendem Gebrauch der Augen für die Nähe und wird um so mehr erschwert je grösser der Abstand der Augendrehpunkte etc.

v. Gräfe's[1]) Ansicht über diese Verhältnisse charakterisirt sich durch folgende Bemerkung: „So viel steht bereits fest, dass der Augenmuskeldruck einen wesentlichen Factor bei der Entwicklung der Myopie bildet, und dass die hierdurch bedingte Ausbuchtung mit den chronisch entzündlichen Veränderungen dermaassen Hand in Hand geht, dass eine Trennung beider Zustände überhaupt sehr schwierig sein wird". Er selbst kam jedoch später von der Ansicht die Entstehung des Staphyloma posticum einem entzündlichen Vorgange zuzuschreiben zurück.

Ludwig Malling[2]), ein Schüler des Herrn Prof. Voelckers, suchte den Beweis zu liefern, dass auf rein mechanischem Wege, durch Verschiebung der Chorioidea bei der Accommodation für die Nähe einerseits, und durch die Zugwirkung des M. rectus internus andererseits, eine summirte Wirkung auf den temporalen Rand der Papille und die Chorioidea ausgeübt werde und dadurch die gewöhnliche sichelförmige Sklerectasie zu Stande komme. Auch glaubt er, dass an Stelle der grössten Spannung sogar eine Ruptur der Anheftungsstelle der Chorioidea, d. h. am Sehnervenrande mit nachfolgender Retraction entstehen könne, wobei die Gefässe der Chorioidea an dieser Stelle veröden und sich allmälich in Bindegewebsstränge umwandeln, wodurch das früher geröthete Staphylom eine weisse Farbe annehme.

Richard Werth[3]), ebenfalls ein Schüler Völcker's, hebt

---

[1]) v. Gräfe. Arch. f. Ophth. Bd. I. Ab. 2. p. 310. 1855.

[2]) Malling, Ludwig. Die mechanischen Momente bei der Entstehung von Myopie. Inaug. Diss. Kiel 1874.

[3]) Werth, Richard. Ein Beitrag zur Lehre von der Myopie. Inaug. Diss. Kiel 1874. (vgl. Nagel's Jahresb. f. 1874).

die Bedeutung hervor, welche die bei der Accommodation für die Nähe stattfindende Verschiebung der Chorioidea für die Entwicklung der Myopie haben muss. Nachtheilige Dehnung oder Zerrung der Chorioidea, meint er, muss bei starker und anhaltender Accommodationsanstrengung stattfinden und bei Accommodationskrampf ist die Chorioidea sogar dauernd aus ihrer Ruhelage verrückt. Damit ist der Anlass zur Entwicklung von Sklerotico-Chorioiditis posterior und weiterhin zur Ectasirung der Bulbuswand gegeben. „Die Entwicklung der Sklerectasia posterior beruht ausschliesslich auf einer chronischen Entzündung der Chorioidea am hintern Pole des Auges.“ Einzelne Beispiele von Ablenkung des Auges, herabgesetzter Sehschärfe etc. sollen schliesslich ebenfalls noch den Beweis liefern, dass die Accommodationswirkung allein, ohne das Zuthun der Convergenz, die Entwicklung der Myopie bedingen kann.

v. Hasner [1]) theilt keine der über die Entstehung der Sehaxenverlängerung oder des Langbaues des Auges aufgestellten Ansichten. Er erblickt als einzige directe Ursache „Missverhältniss zwischen der Länge des optischen Nerven und dem Seitenblickwinkel.“ Bei zu geringer Länge des Sehnerven, wie sie angeboren vorkommen oder erst im Laufe des Wachsthums sich herausbilden könne, müsse, je nach dem Grade der Verkürzung, erst bei höheren Convergenzgraden oder schon bei geringeren, eine Zerrung des Sehnerven entstehen, welche besonders an der äussern Skleralgrenze sich geltend machen und Ausdehnung des Intervaginalraums (ophthalmoskopisch halbmondförmige Sichel), später auch des benachbarten Skleralgewebes hervorrufen müsse. Erst durch die allmäliche Verlängerung des Augapfels nach hinten gleiche sich das Missverhältniss des Sehnerven aus und so falle die Ursache für weitere Zerrung desselben am Skleralrande und somit für weitere Zunahme der Myopie dahin. In seltenen Fällen beschränke sich die Zerrung auf die nächste Umgebung des Sehnerven, es erfolge die Bildung einer localen Ektasie ohne Axenverlängerung in der Gesichtslinie, wobei dann emmetropische oder hyperopische Refraction mit Staphyloma posticum verbunden sein könne.

---

[1]) v. Hasner. Ueber die Aetiologie des Langbaues. Prag. Vierteljahrsschrift f. pract. Heilkunde. Bd. 121. p. 50—55. 1874.

Arlt[1]) betrachtet als „nächste Ursache der Kurzsichtigkeit die Verlängerung der sagittalen Axe des Bulbus“. „Angeborensein des sog. Langbaues ist bisher nicht erwiesen“. „Als erblich kann nur die Disposition zur Myopie, nicht diese selbst, angesehen werden“. Für die Erwerbung der Kurzsichtigkeit sprechen ihm dagegen bestimmte Thatsachen.

Als disponirende Momente für die Entwicklung des Langbaues erkennt er in erster Linie eine gewisse Weichheit und Nachgiebigkeit der Sklerotica, wie sie durch „jugendliches Alter“, „erbliche Disposition“ oder „pathologische Erweichung als Folge entzündlicher Vorgänge in der Gegend des hintern Poles (Sklerotico-Chorioiditis), wahrscheinlich auch als Folge eines primär in der Sklerotica auftretenden Vorganges, welcher dem bei Keratoconus analog ist“, gegeben sein kann. „Dann ist weder Emmetropie noch jugendliches Alter als disponirendes Moment nothwendig.“

„In zweiter Linie kommt in Betracht die Disposition seitens der Muskelthätigkeit, theils behufs der Accommodation (Ciliarmuskel), theils behufs der Convergenz der Sehlinien“ (Druck auf den Bulbus).

„Grössere Länge der Grundlinie (vermöge erblicher oder pathologischer Schädelbildung), besonders aber dynamisches Uebergewicht der M. recti externi scheint die Entwicklung der Myopie zu begünstigen.“

„Zu den entfernten Ursachen der erworbenen Kurzsichtigkeit gehört Alles, was zu einseitiger Verwendung der Muskelthätigkeit des Auges“ — Accommodation und Convergenz — wie dies bei „übermässiger Augenarbeit“ und unter „Mangel der nöthigen Erholung“ der Fall sein kann.

„Die Formveränderung des Auges wird bewirkt durch allmälige Verdrängung der hintern Wand (Gegend des hintern Poles). Sie wird weder durch Muskelzug (Ciliarmuskel, Musc. obliqui), noch durch Auseinanderzerrung der Skleralschichten und der Sehnervenscheiden eingeleitet und bewerkstelligt“, sondern ist Folge „wiederholter temporärer Steigerung des Druckes

---

[1]) Arlt. Ueber die Ursachen und die Entstehung der Kurzsichtigkeit. Wien 1876.

im hintern Augenraume", welcher seinerseits durch „Blutüberfüllung im Uvealtractus" und weiterhin durch „Ausscheidung von Serum im hintern Glaskörperabschnitte bedingt ist."

„Die Blutüberfüllung geht aus Behinderung des Blutabflusses durch die Wirbelvenen hervor" und diese Behinderung ist beinahe unzweifelhaft die Folge directen Druckes des M. R. ext. und des M. obliq. inf. auf die eine oder die andere Wirbelvene bei Convergenzstellung des Auges.

„Wahrscheinlich wird dann auch dem Einströmen des Blutes durch die hintern Ciliararterien[1]) in die Chorioidea etwas mehr Widerstand entgegengesetzt und dürfte die dadurch in der Episklera gesetzte Hyperämie zur Verminderung der Widerstandsfähigkeit der Sklera in jener Gegend beitragen."

Vieler Autoren Name wäre noch zu nennen, welche über die Kurzsichtigkeit und ihre Ursachen ihre Ansicht geäussert haben, allein es würde zu weit führen, wenn man mehr bringen wollte, als zur Kenntniss der hauptsächlich hier in Betracht kommenden Anschauungen unbedingt nothwendig ist.

Und diese lassen sich also dahin zusammenfassen, dass die Einen das wesentliche Entstehungsmoment der Kurzsichtigkeit in einer hereditären Prädisposition suchen, welcher besonders eine geringere Resistenzfähigkeit der Sklera zu Grunde liegen soll, andere diese Prädisposition läugnen und dem Accommodationskrampf oder diesem in Verbindung mit erhöhter Convergenz die hauptsächlichste Ursache zuschreiben.

Arlt läugnet eine hereditäre Prädisposition nicht, hält aber eine solche auch nicht für durchaus nothwendig und sieht die Grundursache für die charakteristisch myopische Formveränderung des Augapfels in immer wiederkehrender temporärer Steigerung des Druckes im hintern Augenraume, bedingt durch gehemmten Blutabfluss aus dem Uvealtractus durch die Wirbelvenen in Folge Compression von Seiten der Mm. ext. und obliq. inferiores.

Von Hasner endlich anerkennt nur das mechanische Moment

---

[1]) vgl. auch Lehmus, Emilie. Die Erkrankung der Macula lutea bei progressiver Myopie. Inaug. Diss. Zürich 1875.

der Zerrung des Sehnerven am Skleralbord in Folge zu geringer Länge des Nervus opticus bei Convergenzbewegungen.

Wenn wir uns nun fragen, ob jene Momente, welche zur Erklärung der Ursachen der Kurzsichtigkeit herbeigezogen werden, auf wirkliche Thatsachen sich stützen können und bewiesen seien, so kommen wir leider zur Erkenntniss, dass dieses nicht der Fall ist und dass die Mehrzahl der Ansichten nur das Resultat wissenschaftlichen Raisonnements sind. Der Geist fehlt zwar den Hypothesen nicht, nur der Beweis.

Die hereditäre Anlage z. B. ist ein elastisches Wort. Worin soll sie beruhen? Angeboren verlängerte Augenaxe gehört, wenn dieses überhaupt vorkommt, zu den grossen Seltenheiten. Bis zum 5., 6. Lebensjahre gibt es fast keine Kurzsichtigen. Eine verminderte Resistenzfähigkeit der Sklera in den einen gegenüber andern Fällen ist weder physiologisch noch anatomisch jemals nachgewiesen worden. Und warum würde, wenn wirklich angeboren eine verminderte Resistenzfähigkeit angenommen werden könnte, diese erst nach dem 5., 6. Lebensjahre sich geltend machen, obschon zugegeben werden muss, dass meist erst von diesem Alter an so ungünstige Einflüsse zu wirken anfangen, dass die Folgen dieser abnormen Beschaffenheit der Sklera in höherem Grade sich geltend machen könnten?

Und warum sollte die Sklera gerade an der Aussenseite des Sehnerven weniger resistenzfähig sein als an andern Stellen des Augapfels, wo sie doch dort gerade besonders dick ist? Allerdings hat man Letzteres durch die hier fehlende Unterstützung der Augenmuskeln zu erklären versucht, allein bei erhöhtem intraocularem Druck ist es nicht die Sklera, welche nachgibt, sondern der N. opticus. Und ist denn der intraoculare Druck bei beginnender Kurzsichtigkeit so erhöht oder überhaupt erhöht, dass er eine Ektasirung der Sklera hervorrufen könnte?

Lange Zeit hat man alle jene weisslichen, mondsichelförmig die Opticusscheibe umfassenden Flecke, welche Ausdehnung sie auch gehabt haben mögen, als Staphyloma posticum bezeichnet und so charakteristisch für Myopie gehalten, dass Staphyloma posticum resp. hintere Ausbuchtung oder Ektasie und Myopie als absolut zusammengehörend betrachtet und so zu sagen als synonyme Ausdrücke gebraucht wurden.

Im engeren Sinne bezeichnet man seit Jäger speciell die mondsichelförmigen Flecke als Conus.

Conus und Staphyloma posticum sollten das Product entzündlicher Vorgänge, d. h. einer Sklero-Chorioiditis posterior sein, welche allmälig zu einem Schwunde der Chorioidea u. A. und zu verminderter Resistenzfähigkeit der Sklera führen sollte.

Jäger [1]) und Schweigger [2]) haben jedoch auf das Ueberzeugendste nachgewiesen, dass Conus und Staphyloma posticum nicht miteinander zu identificiren sind und der Conus nicht das Product eines entzündlichen Vorganges sei. Es kann jene lichthelle Halbmondfigur selbständig ohne Staphyloma posticum oder mit einem solchen verbunden vorhanden sein, das Eine schliesst das Andere nicht aus, noch bedingt das Eine das Andere. Es wäre daher falsch, aus jedem Conus auf Myopie und aus jedem Conus auf Sklerectasie schliessen zu wollen.

Die Anhänger der erblichen Prädisposition halten aber immerhin daran fest, dass Conus und Staphyloma posticum nur in einem dazu prädisponirten Auge entstehen können.

Anders die Anhänger des Accommodationskrampfes. Für sie gibt es nur Eine Entstehungsursache des Conus und des Staphyloma posticum. Es ist die Verschiebung der Chorioidea während des Accommodationsactes.

Hensen und Völckers [3]) haben nämlich im Jahre 1868 an Hunden nachgewiesen, dass die Chorioidea während des Accommodationsactes angespannt und von hinten nach vorn gezogen werde. Dadurch sollte der Beweis geliefert sein, dass es möglich sei, dass während der Accommodation und natürlich noch in höherem Grade bei Accommodationskrampf, eine Zerrung der Chorioidea um den Sehnerven herum stattfinde und dadurch leicht die Chorioidea vom Sehnervenrande abgezogen werden, und eine Lücke in derselben, ein wahrer Conus entstehen oder durch die Zerrung, namentlich wenn sie häufig und nachhaltig wiederkehre, eine Sklerotico-Cho-

---

[1]) Jäger. l. c. p. 70 u. 90.

[2]) Schweigger. Zur pathologischen Anatomie der Chorioidea. Arch. f. Opth. Bd. IX. Ab. 1. 1863.

[3]) Hensen u. Völckers. Ueber den Mechanismus der Accommodation. Kiel 1868.

rioiditis und in ihrem Gefolge eine Atrophie der Chorioidea sich entwickeln könne.

Diese Beobachtung, auch als für das menschliche Auge zutreffend, angenommen, gehen jedoch die Anhänger des Accommodationskrampfes von zwei unbewiesenen Voraussetzungen aus. Sie nehmen erstens an, dass Accommodationskrampf der Anfang jeder Kurzsichtigkeit, eine gewöhnliche Complication der Kurzsichtigkeit, ein gewöhnlicher Vorläufer der Axenverlängerung sei, und zweitens, dass die Verschiebung der Chorioidea während des Accommodationsactes eine solche sei, dass dieselbe bis in den Augenhintergrund resp. bis in die Peripherie des Sehnerven fortwirke und sich fortpflanze und diese Verschiebung am Stärksten an der äussern Seite des Sehnerven, d. h. zwischen Macula lutea und Papillenrand sei.

Dort sitzen in der That in der grossen Mehrzahl der Fälle die Coni und die Staphylomata postica, und zwar mit ihrem Gipfel gegen die Macula lutea gerichtet. Diese Thatsache ist nicht zu läugnen.

Eine ganz andere Frage ist aber die, ob die Erklärungen für ihre Entstehungsweise stichhaltig sind oder nicht.

Wenn Accommodation und in noch höherem Grade Accommodationskrampf thatsächlich eine so beträchtliche Verschiebung der Chorioidea zu verursachen vermöchten, dass dieselbe eine Zerrung, Lageveränderung oder gar Zerreissung der Chorioidea am Papillenrande, oder durch Zerrung eine Sklero-Chorioiditis hervorrufen könnte, so müssten solche Erscheinungen und Veränderungen in erster Linie bei Hypermetropen und zwar in um so höherem Grade, je stärker die Hypermetropie wäre, zu finden sein, denn bei diesen ist allerdings die Accommodation stetsfort in einer ganz abnormen Thätigkeit. Die Erfahrung lehrt aber, dass, trotz dieses enormen Accommodationsaufwandes und dem so häufigen und hartnäckigen Accommodationskrampfe, Coni bei Hypermetropen weit seltener, Sklero-Chorioiditis und Staphyloma posticum resp. Ektasie noch niemals nachgewiesen worden sind, ja -- wirkliche Hypermetropie sich noch niemals nachweisbar in wirkliche Myopie, d. h. Axenverlängerung des Bulbus umgewandelt hat.

Dagegen haben Myope weniger Accommodation zum Sehen zu verwenden. Starke Accommodationsanstrengung wird bei ihnen

überhaupt in so hohem Grade niemals nothwendig werden wie bei Hypermetropen, jedenfalls ist sie dann nur die Folge von Accommodationskrampf.

In wie fern aber Accommodationskrampf im myopen Auge anders wirken soll als im hypermetropen, ist nicht wohl verständlich, und wie Accommodationskrampf eine gewöhnliche Folge starker Accommodationsanstrengung sein kann, während solche ja gar nicht existirt, und ein gewöhnlicher Vorläufer der Axenverlängerung sein soll, ist unerklärlich. Sobald man aber bekennt, dass Accommodationskrampf gewöhnliche Complication der Myopie ist, so bekennt man eigentlich damit, dass er zum Mindesten mit ihr, wenn nicht nach ihr und als Folge — also nicht als primäre Ursache — auftritt.

Sieht man auch ab von der widersprechenden Erscheinung, dass Accommodationskrampf bei dem einen Refractionszustande Zerrung der Chorioidea und damit Conus und Staphyloma posticum durch Sklero-Chorioiditis hervorrufen soll, beim andern Refractionszustande aber nicht, so erhebt sich noch die wichtige Frage, ob denn beim Accommodationsacte und in noch viel höherem Grade bei Accommodationskrampf wirklich eine Verschiebung der Chorioidea durch die Thätigkeit des Ciliarmuskels in dem Sinne stattfindet, dass eine Dehnung, Zerrung, selbst Losreissung der Chorioidea am Papillenrand, oder durch diese Zerrung eine Sklero-Chorioiditis mit consecutivem Staphyloma posticum resultiren könnte? Es ist an und für sich wenig glaublich, dass ein so intensiver Zug bis in die Nähe des Opticus sich fortzupflanzen und dort solche Erscheinungen und Veränderungen, wenn auch ganz allmählich, hervorzurufen vermöchte.

Aber diese Lehre hat einen gewaltigen Stoss dadurch erlitten, dass Hensen und Völckers [1]) selbst, durch Experimente an frisch enucleirten Menschenaugen, den Beweis geliefert haben, dass eine Verschiebung der Chorioidea in der Macula lutea nicht mehr nachweisbar sei.

Es hätte jedoch dieses Beweises kaum bedurft, um das Wider-

---

[1]) Hensen und Völckers. Ueber die Accommodationsbewegung der Chorioidea im Auge des Menschen, des Affen und der Katze. Arch. f. Ophth. Bd. XIX. p. 156. 1873.

sprechende darzuthun, das in der Lehre vom Chorioidealzuge liegt, denn wenn thatsächlich ein solcher bis in die Nähe des Sehnervenrandes sich fortpflanzen könnte, so liegt es auf der Hand, dass sich derselbe rings um die Papille und jedenfalls am Stärksten auf der dem Ciliarmuskel zunächst gelegenen Nasenseite, am Schwächsten dagegen auf der vom Ciliarmuskel entferntesten Temporalseite geltend machen müsste; an letzterer ausserdem noch aus dem Grunde schwächer, weil die Wirkung des Zuges an der Macula lutea wegen der an dieser Stelle unverrückbaren Anheftung der Chorioidea an die Sklera durch Gefässe und Nerven auf Null herabsinken müsste.

Mit diesen unumstösslichen Thatsachen sind nun freilich die chorioidealen Veränderungen nicht in Einklang zu bringen. Denn in weitaus der grössten Mehrzahl der Fälle liegen Conus und Staphyloma posticum auf der Aussenseite des Sehnerven, selten darunter, noch seltener darüber oder nach innen, und nur bei hohen Graden von Myopie ausnahmsweise ringsum. Bei temporalem Conus umfasst die Mondsichel einen Theil der Sehnervenscheibe, und ihr Gipfel, ihre grösste Convexität, ist gegen die Macula lutea gerichtet; bei Zunahme der atrophischen Chorioidealstelle wächst der Gipfel derselben stets in der Richtung gegen die Macula lutea, während die Spitzen der Sichel die Opticusscheibe je länger desto mehr umfassen. Das Wachsthum der Atrophie findet demnach ungefähr in der Horizontalebene des Augapfels statt. Noch will ich erwähnen, dass selbst bei Annahme des nicht existirenden Chorioidealzuges doch unmöglich der Gipfel des Conus gegen die Macula lutea gerichtet sein und in dieser Richtung fortwachsen könnte, und würde man annehmen wollen, dass der Zug an der Macula lutea, ober- und unterhalb derselben vorbei wirken könne, so müsste eine obere und eine untere Sichel entstehen und die zwischen Macula und Opticus liegende Partie der Chorioidea noch längere Zeit intact bleiben.

Schnabel (l. c.) widerlegt die unbedingte Nothwendigkeit des Vorhandenseins und das so überaus häufige Vorhandensein selbst des Accommodationskrampfes zur Entwicklung der Axenverlängerung des Auges und ebenso den Einfluss des Chorioidealzuges auf die Entstehung von Conus und Staphyloma posticum.

Er unterscheidet ferner einen angeborenen Conus, einen erworbenen Conus und eine hintere Sklerektasie.

Den Beweis für das Angeborensein eines Conus sieht er darin, dass er lichtunempfindlich ist und den blinden Fleck vergrössert, an dieser Stelle also ausser dem Pigmente auch die lichtempfindenden Elemente der Netzhaut fehlen und es sich desshalb nicht um blosse Atrophie der Chorioidea handeln könne. Er betrachtet diesen Zustand vielmehr als „vollständiges Analogon des Chorioidealcoloboms“ [1]), als „angeborene Aplasie“, welche ebenfalls mondsichelförmig meistens den äussern Papillenrand umfasst und zuweilen mattgelblich, meistens aber hellglänzend, grünlich ist; sie entbehrt der Chorioidealgefässe wie der mannigfaltigen grauschwärzlichen Flecke, die das in verschiedenem Grade atrophische Stromapigment in den Conis myopischer Augen so gewöhnlich verursacht, meist vollständig. Die Grösse des angeborenen Conus ist selten bedeutend und erreicht die Breite einer starken Vene oder von $^1/_6$ bis $^1/_5$ Papillenbreite. Er kommt in Augen jeder Refraction und zwar, wie ihm scheint, so ziemlich in gleicher Häufigkeit vor.

Im erworbenen Conus, „der nur in Folge von Sklerectasia posterior vorkommt“, fehlt die Pigmentepithelschicht vollständig, und zwar beginnt der Mangel derselben dicht am Sehnervenrande und hört plötzlich ohne Uebergang an einer bogenförmigen Pigmentlinie auf, jenseits welcher das Pigmentepithel normal ist. Die Stromaschicht der Chorioidea trifft man im Conus in den verschiedensten Stadien des Schwundes begriffen, zuweilen aber auch so wohl erhalten, dass ophthalmoskopisch ein Unterschied kaum nachweisbar ist; gewöhnlich sind im Conus ophthalmoskopisch einzelne Chorioidealgefässe und Pigmenthäufchen zu erkennen und niemals besteht ein so vollständiger Schwund der Tunica propria chorioideae, dass sie nicht überall als ein dünnes Häutchen im Zusammenhange abgelöst werden könnte.

Der Bezirk, über den die Veränderungen in der Stromaschicht ausgebreitet sind, reicht über den Conus hinaus und entspricht an

---

[1]) Vgl. auch Schnabel: Ueber die angeborene Disposition zum erworbenen Staphyloma posticum Scarpae. Wiener Med. Wochenschrift No. 33—37. 1876.

Grösse dem Theil der Sklera, welcher in das Staphylom einbezogen ist. Die grösste Veränderung findet sich im Scheitel des Staphyloms, von wo weg die Atrophie des Stroma sich immer mehr verliert, je mehr sie sich dem meist wieder normalen Aequator bulbi nähert.

Die Veränderungen in der Stromaschicht sind als „Dehnungsatrophie“ aufzufassen, der Mangel an Pigmentepithel im Conus jedoch nicht als wirklicher Verlust des früher an dieser Stelle gewesenen Epithels, sondern als in Folge der Dehnung entstandene Abrückung der Pigmentepithelgrenze von der Sehnervenperipherie, durch eine Verschiebung des Epithellagers.

Sobald die Dehnung der Augapfelwand eingeleitet ist, wird die Pigmentepithelschicht unzureichend die vergrösserte Fläche der unterliegenden Membranen zu bedecken und es öffnet sich durch Retraction des der Sehnervengrenze anliegenden Pigmentringes ein Fenster, durch welches man die Chorioidea propria, beziehungsweise die Sklera, frei liegen sieht.

Durch weiter fortschreitende Retraction der Pigmentschicht vergrössert sich allmälich der Conus und bei bedeutender Vergrösserung wird der einsäumende Pigmentring verschmächtigt oder mehrfach unterbrochen.

„Der Sitz des Conus ist nur abhängig von der Richtung, nach welcher die Dehnung der Augapfelwand stattfindet, also von der Lage des Staphylom-Scheitels. Die der äussern Sehnervengrenze benachbarte Chorioidealparthie hat keine andere Prädisposition für die Entwicklung des Conus, als diejenige, dass der Staphylomscheitel meistens in der Gegend der Macula lutea gelegen ist. In Fällen von ringförmigem oder nach innen oben gerichtetem Conus hat die Section constatirt, dass der Scheitel der Ektasie im Sehnerven oder nach innen von demselben gelegen war[1]).“

Nicht selten findet sich in myopischen Augen eine Combination von angeborenem und erworbenem Conus. Dann zerfällt die Conusfläche in zwei Theile, die durch die Färbung — der innere weissglänzend, der äussere grau oder gelb und glanzlos — sich unterscheiden und durch eine Bogenlinie getrennt sind.

---

[1]) v. Jäger. l. c. p. 54 und ophthalmoskopischer Handatlas p. 201.

Obschon es nahe liegen könnte Staphyloma anticum und Staph. post. miteinander zu identificiren, da beide eine Herauswölbung der Sklera bedeuten, so ist doch die Entstehungsweise beider durchaus verschieden. Während das Staph. anticum sich s. z. s. ausnahmslos unter schweren und langdauernden Entzündungserscheinungen entwickelt, mit welchen meist eine je länger desto bedeutendere Sehstörung verbunden ist, findet man umgekehrt bei der allmählichen Entstehung und Entwicklung des Staph. posticum keinerlei Entzündungserscheinungen und keine Abnahme der Sehschärfe.

„Der Glaskörper bleibt vollständig klar, die Chorioidea zeigt keine andern, als die Veränderungen, welche sich aus einfacher Dehnung und den ophthalmoskopischen Zeichen einer Niveaudifferenz erklären liessen.“

„Das Staph. post. beeinträchtigt das Auge nur durch die Formveränderung, durch die Axenverlängerung und nur, wenn es sich sehr rasch entwickelt oder besonders hohe Grade erreicht hat, sehen wir Entzündung in den Bulbushäuten auftreten. Das Staph. ant. ist Folge der Entzündung, das Staph. post. wird nur in einzelnen Fällen zur Entzündungsursache.“

„Ebensowenig als der hintere Ectasirungsprocess als Folge eines entzündlichen Vorganges in der Sklera aufgefasst werden kann, ebensowenig kann er sich bei normaler Beschaffenheit der Sklera unter dem Einfluss einer dauernden oder häufig wiederkehrenden und durch längere Zeiträume anhaltenden Erhöhung des intraocularen Druckes“ (vgl. Arlt, l. c.), „begünstigt durch die Nachgiebigkeit der Wand des jugendlichen Auges, entwickeln. Wenn auch die Sklera des jugendlichen Auges dehnbarer ist, als die des alten, so ist sie doch viel widerstandsfähiger als die Lamina cribrosa, die daher, so lange die Sklera gesund ist, unter allen Verhältnissen der locus minimae resistentiae bleibt. Wenn das Glaucom in jugendlichen Augen so unvergleichlich seltener ist als in alten, so liegt das wohl vornehmlich darin, dass im Kindesalter jene Störungen nicht vorkommen, durch welche es zu dauernder Druckerhöhung“ [vgl. A. Weber[1])] „kommt, nicht aber darin, dass die vorhandene Druckerhöhung in anderer Weise wirkt.“

---

[1]) A. Weber. Die Ursache des Glaucoms. Arch. f. Ophth. Bd. XXII. Ab. 1. 1877.

Man ist daher beinahe gezwungen anzunehmen, „dass die Nachgiebigkeit der Sclerotica auf einer angeborenen Eigenthümlichkeit des Baues, der vielbestrittenen Prädisposition zum Staphyloma beruhe“, die freilich anatomisch noch nicht erwiesen worden, durch fortgesetzte Untersuchungen wohl aber noch erwiesen werden wird.

Hierfür spricht auch die leichte Vererblichkeit der Myopie. Erworbene Krankheiten haben wenig Tendenz zur Vererbung, während angeborene morphologische Charaktere sich nur ausnahmsweise nicht forterben. Mit Eigenthümlichkeiten des Gesichtsskeletts vererbt sich sicher auch die Beschaffenheit der Sklera. Daraus erklärt sich das häufigere Vorkommen der Myopie bei gewissen Nationalitäten und in Fällen, wo vieles Studiren die Ursache nicht sein kann [1]). Die angeerbte Disposition kann Jahre lang latent bleiben und dann erst M. zur Entwicklung kommen, wenn angestrengte Arbeit in der Nähe den Anstoss gibt, aber sie kann auch ohne solche in einem bestimmten Alter zur Ectasirung führen; dies wird von dem Grade der Prädisposition abhängen.

Welches Moment es ist, das bei der Arbeit in der Nähe vorzugsweise auf Entwicklung der Disposition zur Ectasirung hinwirkt, ob Accommodation oder Convergenz, Druck der äussern Augenmuskeln auf den Augapfel od. A., erachtet Schnabel noch nicht für sicher gestellt. [2])

Schliesslich wäre noch über die v. Hasner'sche Hypothese des Sehnervenzuges durch zu geringe Länge des opt. Nerven ein Wort zu sagen.

Diese Hypothese würde allerdings einen grossen Theil von Erscheinungen, deren ursächliche Momente noch ziemlich dunkel sind, recht gut erklären, nicht nur bezüglich der Dehnungsatrophie der Chorioidea und Ektasirung der Sclerotica gerade an der Aussenseite des Sehnerven, sondern auch hinsichtlich der so häufigen Insufficienz der Interni. Denn um einen so starken Zug des Sehnerven zu überwinden, wie er nothwendig wäre, um jene Veränderungen im Augenhintergrunde allmählich hervorzubringen, be-

---

[1]) Vgl. auch Miard, Antony. Des troubles fonctionels et organiques de l'amétropie et de la myopie en particulier. Paris. Baillière et fils. 1872.

[2]) Vgl. R. Berlin's Referat in Nagel's Jahresb. für 1874. pag. 547 und 548.

dürfte es jedenfalls für Convergenzdrehungen und langandauernde Convergenzstellung einer so beträchtlichen Anstrengung des R. internus, dass fast nothwendiger Weise eine Insufficienz der Interni die Folge sein müsste.

Auch würde das endliche Stillstehen der Kurzsichtigkeit durch v. Hasner's Erklärung begreiflich werden, nach welcher dieses erst dann erfolgen sollte, wenn der Augapfel sich so stark nach hinten verlängert hätte, dass der Opticus für die nun kürzere Strecke zwischen Foramen opticum und Sklera eine hinreichende Länge besässe, um bei jeder Art und jedem Grad, besonders aber bei den nur zum Nahesehen nothwendigen Convergenzbewegungen eine Zerrung zur Unmöglichkeit zu machen.

Aber wer hat uns jemals den anatomischen Nachweis geliefert, dass derartige angeborene Verkürzungen des Sehnerven vorkommen? Müssten dann nicht auch ausnahmslos subjective Lichterscheinungen in Folge der Zerrung beobachtet werden? Würde die oft sehr geringe Axenverlängerung des Bulbus dann ausreichen, um die Zerrung für die Zukunft unmöglich zu machen? Müsste nicht s. z. s. immer eine beschränkte Convergenzfähigkeit binocular und monocular die Folge sein? Und wie verhielte sich die Möglichkeit eine Insufficienz der Interni durch Externustenotomie zu heilen und wie der mitunter günstige Einfluss derselben auf die Progressivität der Myopie? etc.

Den Apparat, mit dessen Hülfe ich zu meiner neuen Theorie über die Entstehung der Kurzsichtigkeit und zu allen übrigen in der Folge besprochenenen Untersuchungsresultaten gelangt bin, nenne ich Ophthalmophantomatrop. Er repräsentirt einen Horizontalschnitt der Orbita, wie bereits auf Seite 81 gesagt worden ist. In diesem sind, den Maassverhältnissen der Wirklichkeit entsprechend, ein um seinen Drehpunkt rotirender Horizontalschnitt des Auges enthalten, welcher gewechselt werden kann, um ein hypermetropes, ein emmetropes oder ein myopes Auge darzustellen, ferner der Sehnerv von seinem Eintritt durch das Foramen opticum in die Orbita und von da in das Auge und endlich der M. R. internus und externus, beide mit ihren vordern Enden an die Sklera des Horizontalschnittes, mit ihren hintern rechts und links vom Sehnerven an die äussere und innere Ala

orbitalis des kleinen Keilbeinflügels sich ansetzend. Letztere beiden Ansatzpunkte sind durch zwei senkrechte Metallstangen wiedergegeben, welche in einem auf ein Holzbrett geschraubten Metallstück laufend, höher und tiefer gestellt und auch gewechselt, d. h. die eine links, die andere rechts und umgekehrt eingesteckt werden können. Ihre gegenseitige Stellung entspricht genau derjenigen der äussern zu der innern Wand des knöchernen Foramen opticum, wie aus einem Vergleiche mit meinen Horizontalschnitten an Schädeln (vgl. II. Theil) ersichtlich ist.

Als linearen Durchmesser des Foramen opticum oder als lineare Entfernung der äussern von der innern knöchernen Opticuswand oder der Ansatzstelle des M. R. externus vom R. internus nahm ich 4—5 Mm. an und berechnete das weitere Vorstehen der Ansatzstelle des innern vor dem äussern geraden Augenmuskel zu ca. $1^1/_2$—$2^1/_2$ Mm. Die eine der beiden Metallstangen trägt oben eine Rolle, deren Axe horizontal liegt; die andere ist oben mit einer kleinen Oeffnung versehen. Beide Stangen können auch um ihre Längsaxen gedreht werden, wodurch der Orbitalöffnungswinkel (vgl. II. Theil) grösser und kleiner gemacht werden kann.

Auf das Holzbrett, auf welches das Metallstück mit den beiden Metallstangen festgeschraubt wird, ist ein Papier geklebt, und auf dieses ein rechtwinkliges Coordinatensystem mit 100 Quadraten von je 5 Mm. Seitenlänge gezeichnet.

In meinem für die linke Orbita erstellten Apparate, der jedoch ebensogut für die rechte gebraucht werden kann, indem man nur das Metallstück umzukehren hat, ist das Coordinatensystem so gestellt, dass die erste Ordinate der Medianlinie des supponirten Kopfes parallel und durch das Centrum der innern Metallstange, die erste Abscisse dagegen durch das Centrum der äussern Metallstange geht und parallel der Frontalebene des Kopfes läuft, beide sich also im Foram. opt. resp. Canalis opticus unter einem rechten Winkel schneiden. Indem nun jede Ordinate um 5 Mm. weiter nach aussen liegt als die erste Ordinate und jede Abscisse um 5 Mm. weiter vor steht als die erste Abscisse, so erhält man ein Coordinatensystem, durch welches die Stellung des Auges resp. seines Drehpunktes genau bestimmt werden kann.

Auf diesem so eingetheilten Brette liegt ein anderes kleineres, dessen obere und untere Fläche ein längliches Viereck darstellen.

Dieses Brett wird durch eine Linie, welche rings um dasselbe herumgeht, in zwei gleiche Hälften, eine rechte und eine linke, getheilt. Dadurch wird es möglich, das obere Brett so auf das untere zu stellen, dass genannte Linie mit einer Ordinate und eine Längsseite des obern mit einer Abscisse des untern Brettes zusammenfällt. So kann jeder beliebige Punkt desjenigen Stückes der genannten Linie, welches auf der obern Fläche verläuft, wenn nur seine Entfernung von einer der Längsseiten gegeben ist, durch das unten liegende Coordinatensystem bestimmt werden.

Die obere Fläche des obern Brettes ist nun ebenfalls mit einem Papiere beklebt, auf welchem ein Gradbogen gezeichnet ist. Das Centrum dieses Bogens fällt in einen Punkt der schon genannten Mittellinie, welcher 10 Mm. von der gegen die Metallstäbe gekehrten Längsseite des obern Brettes entfernt ist. Auf dieser Mittellinie liegt der Nullpunkt und rechts von demselben geht die Gradeintheilung bis 45°, links von demselben bis 40°, entsprechend also ungefähr den extremsten noch denkbar möglichen Convergenz- und Divergenzbewegungen des Augapfels.

Das Centrum des Gradbogens repräsentirt den Drehpunkt des Auges. In diesen ist ein Metallstift senkrecht in das obere Brett eingelassen. Eine kleine Glasplatte mit 3 Oeffnungen, einer mittleren und zwei seitlichen, wird auf das Brett gelegt, so, dass der genannte Stift durch die mittlere Oeffnung geht. Die seitlichen Oeffnungen der Glasplatte dienen dazu dieselbe auf dem obern Brette zu fixiren. Glas wurde gewählt einerseits, um die darunter befindliche Gradeintheilung bis zum Drehungscentrum übersehen zu können, andererseits damit die Reibung desjenigen Objects, welches auf die Glasplatte zu liegen kommt, bei Drehungen möglichst gering sei.

Auf letztere wird ein $2^1/_2$—3 Mm. dicker Horizontalschnitt des Auges gelegt, in dessen Drehungscentrum eine Oeffnung sich befindet, durch welche der schon genannte Metallstift geht, der zugleich die verticale Drehungsaxe des Augapfels darstellt.

Die Horizontalschnitte des Auges sind aus Buchsbaumholz angefertigt, da dieses sich sehr gut verarbeiten lässt, glatt ist und nicht leicht springt. Als Modelle für Augapfeldurchschnitte wählte ich die drei Zeichnungen, welche im Donders'schen Werke über „die Anomalien der Refraction und Accommodation“ auf Seite 75

als Typen des hypermetropen, emmetropen und myopen Auges zu finden sind. Der ungefähre Drehpunkt dieser Durchschnitte wurde nach allbekannten Anhaltspunkten und nach den von Mauthner[1]) über seine Lage entworfenen Tafeln bestimmt.

Auf jeden dieser Augapfelquerschnitte sind die optische Axe und die Gesichtslinie gezeichnet. In dem vordern Ende der letzteren steckt eine ca. 30 Mm. lange Zeigernadel und in den vordern Insertionsstellen des M. R. externus und internus je ein spitzer Stahlstift.

Je nach dem Zweck der Untersuchungen mit diesem Apparate repräsentire ich entweder beide gerade Augenmuskeln durch geflochtene undehnbare Schnürchen, oder den einen davon durch ein elastisches umsponnenes Schnürchen mit viereckigem Querschnitt. Die vordern Enden der so dargestellten Augenmuskeln sind durch genannte Stahlspitzen an den Augapfel gespiesst, während das hintere Ende des einen Muskels über die früher beschriebene Rolle der einen Metallstange und das hintere Ende des andern durch die kleine Oeffnung der andern Metallstange läuft. Dabei müssen die beiden Metallstangen so stehen, dass Muskelebene und Horizontalschnitt des Auges in einer Horizontalebene liegen.

Der Sehnerv ist durch eine weisse seidene Schnur dargestellt, deren Dicke derjenigen des Sehnerven gleichkommt. Er ist an seiner Eintrittsstelle in das Auge in einen Einschnitt des hölzernen Augenquerschnittes eingefügt. Das hintere Ende des Nerven lasse ich zwischen den beiden Metallstangen, d. h. zwischen den hintern Ansatzpunkten des M. R. externus und internus durchlaufen.

Auf diese Weise sind alle für unsere Zwecke in Betracht kommenden Theile des Auges und der Augenhöhle wiedergegeben und zwar in der Wirklichkeit fast ganz entsprechender Lage.

Dass es bei der soeben besprochenen Einrichtung möglich ist, dem Auge jede Stellung zu geben und alle denkbar möglichen Pupillen- resp. Drehpunktsdistanzen, mit andern Worten alle Grössenverhältnisse der Basallinie und ebenso alle nur möglichen Tiefenverhältnisse der Orbita und alle Distanzverhältnisse der Mittelpunkte der Foramina optica nachzuahmen, wird nach dem Gesagten einleuchtend sein.

---

[1]) L. Mauthner. Vorlesungen über die optischen Fehler des Auges. Wien 1876.

Volkmann[1]), der, wie auch Fick[2]), Rüete[3]) und Wundt[4]) den Antheil der einzelnen Muskeln an einfachen Bewegungen zu berechnen und besonders Bestimmungen über die Muskelebenen zu machen suchte, bediente sich hierzu ebenfalls eines rechtwinkligen Coordinatensystems, dessen Anfangspunkt er jedoch in den Drehpunkt des Auges versetzte. Von diesem aus zog er eine x-Axe, als Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen, als deren Queraxe sie gleichzeitig diente, ferner eine y-Axe, welche mit der Gesichtslinie zusammenfiel und eine z-Axe, welche vertical auf dem Kreuzungspunkt der x- und der y-Axe stand.

Als Distanz beider y-Axen fand er in 60 Beobachtungen im Mittel 63.5 Mm., Zahlen, welche sich auf Schädel Erwachsener beziehen und daher mit meinen an Lebenden gemachten Untersuchungen bei Personen von 6—17 Jahren mit einer durchschnittlichen Pupillendistanz von 59.15 Mm. nicht verglichen werden können; ferner fand er für den M. R. externus eine durchschnittliche Länge von 34 Mm., für den R. internus eine solche von 30 Mm. und als Distanz der Ursprungsstellen dieser Muskeln am Foramen opticum 29.1 Mm., was mit meinen Schädeluntersuchungen, wo die Distanz der Mittelpunkte der Foramina optica gemessen und zu durchschnittlich 29.2 Mm. beim Erwachsenen berechnet wurde, recht gut stimmt.

Volkmann suchte ferner die an dem Augapfel aufgewickelte Muskelstrecke zu bestimmen, und indem er die Länge des ganzen Muskels mit dieser verglich, aus der Differenz beider das Verkürzungsmaximum des Muskels bei reiner Drehwirkung zu berechnen, wodurch er zu dem Resultate gelangte, dass sich die Augenmuskeln nur um ein Viertel ihrer Länge verkürzen, abweichend also von den Skelettmuskeln, welche sich nach Weber[5]) um die Hälfte ihrer Länge verkürzen sollen.

Die Länge der am Augapfel aufgewickelten Muskelstrecke

---

[1]) Volkmann, A. W. Zur Mechanik der Augenmuskeln. Sitzungsberichte der sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften. 1869.

[2]) Fick. Zeitschrift f. rationelle Medicin. 1854, neue Folge Bd. IV. p. 101.

[3]) Rüete. Ein neues Ophthalmotrop. 1857.

[4]) Wundt. Arch. f. Ophth. 1862. VIII. 2. p. 40 ff.

[5]) Weber. Berichte der Leipziger Akademie. 1851. p. 63.

drückte er einfach durch den Winkel φ aus, welcher von den beiden Radien eingeschlossen wird, die, vom Drehpunkt des Auges ausgehend, nach der Insertionsstelle des Muskels und der Anlegungsstelle an den Augapfel laufen und berechnete die Länge des Bogens mit r. arc. φ.

Er erhielt auf diese Weise $\angle \varphi$ als Maass der Augenbewegung, und zwar für den R. internus 29°.31′, für den R. externus 60°.43′, zusammen 90°.14′, während er die Grösse der Augenbewegung am Lebenden nach innen zu 42°, nach aussen zu 38°, zusammen zu 80° berechnete.

Wenn aber Volkmann den $\angle \varphi$ als Maass und zu Berechnung der Ab- oder Aufrollungsstrecke verwendet, so begeht er dabei die grosse Licenz, das Auge als Kugel zu betrachten, von welcher Form doch das Auge ausnahmslos abweicht und mit deren Mittelpunkt der Drehpunkt desselben wohl niemals zusammenfallen dürfte.

Hinsichtlich Aubert's [1]) Ansicht, dass die Abwicklung der Muskeln, wenn wir die Summen ihrer Excursionen in ein- und demselben Meridiane vergleichen, nicht ganz, aber doch fast vollständig stattfindet, bin ich, wenigstens für den M. R. internus, zu etwas abweichenden Resultaten gekommen.

Auf der Iten der folgenden Tabellen habe ich nun Resultate zusammengestellt, welche ich wie diejenigen der IIten und der IIIten Tabelle mit meinem Instrumente gewonnen habe. Es sind daselbst Messungen über die absolute Länge der M. R. externi und interni von ihren Ursprungsstellen am Foramen opticum hinweg bis zu ihren Insertionsstellen an der Sklera für verschiedene Abscissen- und Ordinatenlängen, und Messungen über die Grösse des $\angle \varphi$ niedergelegt. Derselbe kann natürlich unabhängig von der Grösse der Radien und den ihnen entsprechenden Kreisbögen direct gemessen werden und von dem Maasse der Abwicklung sowohl wie der Aufrollung der Antagonisten bei Convergenzdrehungen von 0—45° und Divergenzdrehungen von 0—40° einen Begriff geben, nachdem jeweilen bestimmt worden, wie gross die Anlegungsstrecke des R. internus und externus bei Parallelstellung der Sehlinien ist.

---

[1]) Aubert. Physiologische Optik. in Gräfe's und Sämisch's Handbuch d. Augenheilkunde. 1876. p. 644.

Ich ziehe es vor, diesen Winkel zukünftig statt mit φ mit A zu bezeichnen, da dieses der Anfangsbuchstabe sowohl für Anlegung als Abrollung und Aufrollung ist und daher für alle drei in Frage kommenden Verhältnisse dient.

Wir können dann sehr einfache Bezeichnungen einführen, und um zu sagen, wie gross die Anlegungsstrecke des R. externus oder internus bei Parallelstellung der Gesichtslinien ist, dieses einfach ausdrücken durch

$$\angle A_e \text{ oder } \angle A_i \text{ bei } 0^0 = x$$

oder für die Anlegungsstrecke resp. Abrollung und Aufrollung bei Divergenz z. B. bis 40^0 oder Convergenz bis 45^0 einfach schreiben

$$\angle A_e \text{ bei } 40^0 D = x, \angle A_i \text{ bei } 40^0 D = x$$
$$\angle A_i \text{ bei } 45^0 C = x, \angle A_e \text{ bei } 45^0 C = x.$$

Mit Hülfe meines Apparates untersuchte ich ferner, welche Unterschiede in der Verkürzung resp. Verlängerung des M. R. internus und externus bei Convergenz- und Divergenzbewegungen verschiedenen Grades, bei verschiedenem Bau des Auges, verschiedener Tiefe der Orbita und verschiedener Entfernung des Drehpunktes des Auges von der Medianlinie des Kopfes zu finden sind (Tab. II.). Gleichzeitig maass ich, welche Kraftäusserung des einen gegenüber dem andern Muskel nothwendig ist, um unter so verschiedenen Bedingungen, wie die angeführten, verschiedene Grade von Convergenz und Divergenz zu erreichen (Tab. III. und IV.).

Bei den Untersuchungen über die absolute Länge der M. R. interni und externi, ihre Anlegungs-, Abrollungs- und Aufrollungsstrecke am Augapfel und den Grad ihrer Verkürzung und Verlängerung, um gewisse Convergenz- und Divergenzgrade zu erreichen, stellte ich beide Muskeln durch geflochtene undehnbare Schnürchen dar, belastete dasjenige, welches über die Rolle läuft mit einer Schaale mit Gewichten, um es gestreckt zu erhalten, und zog das andere, welches durch die kleine Oeffnung des nebenstehenden, oben beschriebenen Metallstabes läuft, an, um den Augapfel um so viel Grade zu drehen als nothwendig war um die gewünschten Stellungen zu erreichen. Durch feine Nadeln, welche durch die Schnürchen hindurchgestochen wurden, konnte mit Leichtigkeit Verlängerung und Verkürzung der durch diese Schnürchen repräsentirten Muskeln gemessen werden.

Zum Zweck der Messungen über die zu verwendende Kraft des M. R. internus, um das Auge vom Nullpunkt der Zeigernadel d. h. aus Parallelstellung der Gesichtslinien auf ca. 24 Cm. Entfernung, den gewöhnlichen Arbeitsnahepunkt einzustellen, d. h. je nach der Grösse der Pupillen- oder Drehpunktsdistanz um ca. 6^0, $7^0.1$, $8^0.2$ oder $9^0.3$ oder zu Erreichung der höchsten, mitunter noch möglichen Convergenzstellung, d. h. um 45^0 zu drehen, wurde der R. externus durch ein elastisches, der R. internus durch ein geflochtenes undehnbares Schnürchen repräsentirt, dessen hinterer Ansatz über die Rolle lief und herabging und an welchen eine leichte Schaale gehängt wurde, um ihn nach Belieben belasten zu können, während das durch die kleine Oeffnung der Metallstange laufende elastische Schnürchen gleich nach seinem Austritt aus derselben durch eine Serre fine so festgehalten wurde, dass auch bei starken Drehungen des Augapfels nur das Stück des einen Augenmuskel repräsentirenden Schnürchens sich dehnte, welches zwischen den beiden Ansatzpunkten am vordern Theile des Augapfels und an der knöchernen Umrandung der Eintrittsstelle des Sehnerven in die Orbita, dargestellt durch die denselben zwischen sich fassenden beiden Metallstangen, lag.

Ganz in derselben Weise wurde verfahren, um mit dem M. R. externus für maximale Divergenzstellungen bis auf 40^0 zu experimentiren, nur wurde hiezu die Sache umgekehrt und der Internus durch das elastische Schnürchen, der Externus dagegen durch das undehnbare Schnürchen ersetzt. Dabei müssen die Metallstangen jedoch gewechselt werden, damit der Faden über die Rolle laufe und somit bei Belastung eine möglichst geringe Reibung entstehe.

Für den R. internus wie für den R. externus wurde stets dieselbe Art umsponnener elastischer Schnürchen von gleicher Dicke gewählt, d. h. von ca. $1^1/_2$ Q.-Mm. Durchmesser. Um irgend einen Anhaltspunkt über die elastische Kraft dieses Schnürchens zu geben, will ich nur erwähnen, dass, nach gemachten Versuchen, die grösste Verlängerung eines Stückes von 100 Mm. Länge durchschnittlich bei einer Belastung von ungefähr 440 Grm. erreicht wurde und dann ca. 263 Mm. betrug. Bei einem 200 Mm. langen Stücke von gleichem Querschnitte wurde mit demselben Gewichte von 440 Grm. eine Verlängerung von ca. 516 Mm., also nicht ganz das Doppelte erreicht.

Ein bekanntes physiologisches Gesetz sagt, dass die Kraft der Verkürzung eines Muskels durch das Gewicht bestimmt wird, welches er zu heben vermag und diese Kraft proportional ist seinem Querschnitte, die Hubhöhe dagegen mit der Länge des Muskels wächst.

Bei den Augenmuskeln müssen selbstverständlich dieselben Gesetze gültig sein wie für andere Muskeln, dagegen ist noch nicht mit absoluter Bestimmtheit festgestellt, welches die relativen Querschnitts-, Gewichts- und Längenverhältnisse, insbesondere auch des M. R. externus und internus, sind und dürfte die Verschiedenheit der hier noch herrschenden Angaben z. Th. darauf zu beziehen sein, dass wirklich individuelle und vielleicht z. Th. mit der Refraction in Relation stehende Verhältnisse vorkommen mögen, eine Frage, welche einmal einer genaueren Prüfung zu unterziehen jedenfalls Interesse bieten würde.

Nach Volkmann (l. c.) ist der R. internus, nach früheren Angaben anderer Forscher der R. externus der stärkste Muskel.

Um diesem Zweifel auszuweichen, wählte ich dieselbe Stärke, resp. denselben Querschnitt für den M. R. internus wie für den M. R. externus.

Alle Resultate, welche sich auf die genannten Verhältnisse, wie Muskelverkürzung und -Verlängerung und Kraftmenge zu Erreichung gewisser Stellungen des Augapfels beziehen, haben natürlich nur relative Gültigkeit, d. h. für die Verhältnisse, wie sie von mir wiedergegeben worden sind und für das Material, durch welches ich die Muskeln dargestellt habe. Gleichwohl geben sie ein ziemlich gutes Bild und es ist nur zu bedauern, dass wir keine Substanz besitzen, welche die active Zusammenziehungsfähigkeit des Muskels, durch welche eben seine Kraft zur Aeusserung und Wirkung kommt, nachahmt.

Es kann daher auch mit meinem Apparate das auf die Muskelzusammenziehung, d. h. auf die dabei entwickelte Kraft Bezügliche nicht direct, sondern nur indirect gemessen werden. Ich kann nicht messen, welcher Kraftgrösse ein unter verschiedenen Bedingungen und für verschiedene Convergenzgrade nothwendiger Grad der Zusammenziehung des R. internus entspricht, sondern ich muss messen, wie viel Kraft er überwinden muss, um unter

verschiedenen Bedingungen verschiedene Convergenzgrade des Auges zu erreichen und ich kann ebenso nicht messen, welcher Kraft die Zusammenziehung des R. externus gleichkommt, um gewisse Divergenzstellungen des Auges zu erzielen, sondern ich muss messen, wie gross die Kraft ist, welche er zur Streckung des R. internus bedarf.

Uebrigens ist auch für das menschliche Auge noch nicht mit Bestimmtheit erwiesen, wie viel von der Kraft, welche ein Augenmuskel zur Drehung des Auges entwickelt, auf blosse Bewegung desselben und wie viel auf Ueberwindung von Hindernissen[1]) oder Streckung anderer Augenmuskeln entfällt.

Sämmtliche Messungen wurden für 4 verschiedene Pupillen- oder Drehpunktsdistanzen, d. h. für 50, 60, 70 und 80 Mm. ausgeführt. Ferner wurden überall 30 Mm. als Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica angenommen, weil das diejenige ist, welcher sich die Durchschnittswerthe am Meisten nähern (vgl. II. Theil) und es eine gerade Zahl ist. Endlich sind für jede der 4 Drehpunktsdistanzen 4 verschiedene Orbitatiefen resp. senkrechte Entfernungen zwischen Drehpunkt des Auges und einer durch die Mittelpunkte der Foramina optica gezogenen Linie, d. h. 25, 30, 35 und selbst 40 Mm. gewählt worden.

Obschon eine Entfernung von 40 Mm. kaum je vorkommen dürfte, habe ich doch dieses Maass der Vollständigkeit halber und um sichere Grundzüge für eventuell sich aus den Messungen herausbildende Gesetze zu erhalten, auch noch in Betracht gezogen.

Bei einer Drehpunktsdistanz von 50 Mm. würde demnach der Drehpunkt des Auges auf jeder Seite 10 Mm. weiter nach auswärts stehen als der Mittelpunkt des Foramen opticum.

Diesen seitlichen Abstand will ich zukünftig einfach Abscissendistanz oder Abscissenlänge nennen und die senkrechte Entfernung vom Drehpunkt des Auges auf die Abscisse, welche durch den Mittelpunkt des Foramen opticum geht (die Entfernung also von vorn nach hinten oder die Orbitatiefe), Ordinatendistanz oder Ordinatenlänge.

Bei einer Drehpunktsdistanz von 60 Mm. würde die Abscissen-

---

[1]) Vgl. Merkel, l. c. pag. 59.

länge 15 Mm., bei 70 Mm. Drehpunktsdistanz 20 Mm. und bei einer Drehpunktsdistanz von 80 Mm. 25 Mm. betragen.

Würde die Entfernung der Mittelpunkte der beiden Foramina optica statt zu 30 Mm. zu nur 20 Mm. (eingeklammerte Zahlen) (in der Mehrzahl der Fälle liegt ihr Werth zwischen 20 und 30 Mm.) angenommen, so würde für jede Drehpunktsdistanz die Abscissenlänge um 5 Mm. grösser werden (eingeklammerte Zahlen).

Daraus erhellt, dass es keineswegs nothwendig ist, dass die Drehpunktsdistanzen absolut oder auch nur relativ grösser seien als in andern Fällen, damit die genannten höhergradigen Abscissenlängen zu Stande kommen, dagegen ist klar, dass, je grösser die Pupillendistanz und je kleiner die Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica ist, in um so höherem Grade jene Abscissenlängen vorhanden sein werden.

Sämmtliche Messungen über Länge, Anlegung, Aufrollung, Abrollung, Verkürzung, Verlängerung, Kraftmenge u. A. der Augenmuskeln wurden zu verschiedenen Malen, d. h. durchschnittlich 6—10 Mal vorgenommen, sodass, obschon die technischen Schwierigkeiten dabei nicht gering sind, die Resultate, einige Schwankungen ausgenommen, als annähernd genau betrachtet werden können.

Abkürzungen in den folgenden Zusammenstellungen der Messungsresultate:

Drehpunktsdistanz = Dp. D.
Distanz der Mittelpunkte der Foramina optica = D. d. M. d. F. o.
Ordinatenlänge = O. L.
Abscissenlänge = A. L.
Verkürzung = Vk.
Verlängerung = Vl.
Musculus Rectus internus = M. R. i.
Musculus Rectus externus = M. R. e.
Absolute Länge = Abs. L.
Anlegungs-Strecke = Anl.-Str.
Aufrollung = Auf-R.
Abrollung = Ab-R.
Parallelstellung der Gesichtslinien = P. d. G.

I. Länge der Augenmuskeln und Messungen über ihre

1.	2.	3.	4.	5.			6.			7.		
				Abs. L. d. *I.* bei *P. d. G.* in Mm.			*Abs. L.* d. *E.* bei *P. d. G.* in Mm.			*Differenz* zwischen der *abs. L. d. I.* u. d. *abs. L. d. E.*		
Dp. D.	*D. d. M. d. F. o.*	*A. L.*	*O. L.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*
50	30	10	25	32.0	32.5	35.0	38.0	40.0	45.0	6.0	7.5	10.0
„	„	„	30	37.0	37.0	40.0	43.0	44.0	49.5	6.0	7.0	9.5
„	„	„	35	41.25	42.25	45.0	47.0	48.0	53.0	5.75	5.75	8.0
„	„	„	40	47.0	48.0	50.0	51.5	53.0	58.0	4.5	5.0	8.0
60	30	15	25	33.5	33.25	36.0	42.0	43.25	48.5	8.5	10.0	12.5
„	„	„	30	37.5	38.5	41.0	45.5	47.0	52.0	8.0	8.5	11.0
„	„	„	35	41.5	42.25	45.25	48.5	50.5	55.5	7.0	8.25	10.25
„	„	„	40	47.0	47.5	50.75	53.0	55.0	60.0	6.0	7.5	9.25
70	30	20	25	34.5	34.5	37.0	45.0	46.5	52.0	10.5	12.0	15.0
„	„	„	30	38.5	39.5	42.5	48.0	50.0	55.75	9.5	10.5	13.25
„	„	„	35	43.0	43.25	46.0	51.5	53.0	59.0	8.5	9.75	13.0
„	„	„	40	48.0	49.0	52.0	56.0	58.0	63.0	8.0	9.0	11.0
80	25	30	25	36.25	36.5	40.0	49.0	50.5	56.75	12.75	14.0	16.75
„	„	„	30	40.0	41.75	43.5	52.0	54.0	59.0	12.0	12.25	15.5
„	„	„	35	44.75	45.25	48.75	56.0	57.25	62.5	11.25	12.0	13.75
„	„	„	40	49.25	50.25	53.5	59.0	61.0	66.0	9.75	10.75	12.5

[1]) Weitaus die grösste Mehrzahl der hier angegebenen Zahlen darf als richtig betrachtet werden; bei einigen dagegen blieb es zweifelhaft, welche Werthe angenommen werden sollen, da es mitunter schwierig ist genau zu entscheiden, wo die eigentliche Berührung beginnt, weil es vorkommt, dass ein Muskel auf eine gewisse Strecke der Bulbuswand so knapp parallel läuft, dass

Anlegungsstrecke [1]) bei verschiedenen Stellungen des Augapfels.

8.			9.			10.		
Anl.-Str. d. I. bei *P. d. G.* ausgedrückt durch ∠ *A.*			*Anl.-Str. d. E.* bei *P. d. G.* ausgedrückt durch ∠ *A.*			*Differenz* zwischen d. *Anl.-Str. d. I.* u. derjenigen des *E.* in Graden.		
H.	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*
25°.0	27°.0	44°.0	43°.5	50°.0	83°.0	19°.5	23°.0	39°.0
25°.5	27°.5	44°.5	43°.0	35°.0	81°.5	17°.5	7°.5	37°.0
26°.0	28°.0	45°.0	41°.0	33°.0	74°.5	15°.0	5°.0	29°.5
26°.0	30°.0	47°.0	31°.0	31°.5	70°.0	5°.0	1°.5	23°.0
18°.0	19°.0	25°.0	45°.0	54°.5	91°.0	27°.0	35°.5	66°.0
20°.0	22°.5	26°.0	44°.5	50°.0	84°.0	24°.5	27°.5	58°.0
22°.0	24°.0	26°.0	44°.5	43°.0	81°.5	22°.5	19°.0	55°.5
23°.0	25°.0	26°.5	42°.5	34°.0	74°.5	19°.5	9°.0	48°.0
16°.0	17°.0	15°.0	51°.5	60°.0	96°.0	35°.5	43°.0	81°.0
17°.5	17°.0	18°.5	50°.0	54°.0	92°.5	32°.5	37°.0	74°.0
18°.5	18°.0	21°.0	43°.5	53°.5	83°.0	25°.0	35°.5	62°.0
19°.5	18°.0	24°.5	42°.0	46°.0	81°.0	22°.5	28°.0	56°.5
11°.5	11°.5	10°.0	54°.5	65°.0	103°.0	43°.0	53°.5	93°.0
12°.5	14°.0	13°.5	51°.5	60°.25	91°.0	39°.0	45°.75	77°.5
13°.5	15°.0	14°.5	50°.0	54°.0	88°.5	36°.5	39°.0	74°.0
14°.0	16°.5	16°.0	45°.5	50°.0	84°.5	28°.5	33°.5	68°.5

man nicht weiss, ob dieses als Berührung angesehen werden soll. Diese sämmtlichen Winkelmessungen wurden mit Hülfe der Loupe ausgeführt, um die erste Berührungsstelle des Muskels mit dem Augapfel möglichst genau zu bestimmen.

11.			12.			13.		
1) *Auf-R.* des *R. I.* bei Dg. d. A. von *45° C.—40° D.* resp. *Ab-R.* d. *R. I.* bei Dg. d. A. von *40° D.—45° C.* also um 95° ∠ *Ai* bei			a) *Auf-R.* d. *R. I.* von *45° C.—0°* (P. d. G.) resp. *Ab-R.* d. *R. I.* von *0°—45° C.* ∠ *Ai* bei			b) *Auf-R. d. R. I.* von *0°—40° D.* resp. *Ab-R. d. R. I.* von *40° D.—0°* (P. d. G.) ∠ *Ai* bei		
H.	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*
50°.0	*62°.0*	*119°.0*	25° (45°)	27° (45°)	44° (45°)	25°.0	35°.0	75°.0
51°.5	*61°.5*	*117°.5*	25°.5 (45°)	27°.5 (45°)	44°.5 (45°)	26°.0	34°.0	73°.0
52°.0	*61°.0*	*114°.0*	26° (45°)	28°.0 (45°)	45° (45°)	26°.0	33°.0	69°.0
52°.0	*60°.0*	*112°.0*	26° (45°)	30°.0 (45°)	47° (45°)	26°.0	30°.0	65°.0
37°.0	*50°.5*	*87°.0*	18° (40°)	19°.0 (34°)	25° (32°)	19°.0	31°.5	62°.0
39°.0	*53°.0*	*87°.0*	20° (40°)	22°.5 (35°)	26° (33°)	19°.0	30°.5	61°.0
42°.0	*54°.5*	*86°.0*	22° (40°)	24°.0 (36°)	26° (33°.5)	20°.0	30°.5	60°.0
43°.0	*55°.0*	*84°.5*	23° (40°)	25°.0 (37°)	26°.5 (35°)	20°.0	30°.0	58°.0
33°.0	*46°-47°.0*	*70°.0*	16° (32°)	17° (25°)	15° (23°)	17°.0	29°-30°.0	55°.0
33°.5	*47°.0*	*73°.5*	17°.5 (35°)	17° (25°)	18°.5 (25°-26°)	16°.0	30°.0	55°.0
34°.5	*48°.5*	*77°.5*	18°.5 (35°-36°)	18° (25°-30°)	21° (25°-27°)	16°.0	30°.5	56°.5
34°.5	*50°.0*	*81°.5*	19°.5 (37°)	18° (25°-30°)	24°.5 (28°)	15°.0	32°.0	57°.0
31°.5	*38°.5*	*57°.0*	11°.5 (25°)	11°.5 (15°-17°)	10° (13° 14°)	20°.0	27°.0	47°.0
30°.5	*42°.0*	*62°.5*	12°.5 (25°-27°)	14° (20°)	13°.5 (18°.8)	18°.0	28°.0	49°.0
30°.5	*44°.0*	*64°.5*	13°.5 (25°-27°)	15° (20°-22°)	14°.5 (20°.0)	17°.0	29°.0	50°.0
30°.0	*46°.5*	*68°.0*	14° (27°-30°)	16°.5 (22°)	16°.0 (20°-21°)	16°.0	30°.0	52°.0

14. 2) *Auf-R.* des *R. I.* bei Dg. d. A. von *40° D.—45 C.* resp. *Ab-R.* d. *R. E.* bei Dg. d. A. von *45° C.—40° D.* also um *95°*. ∠ *Ae* bei			15. a) *Auf-R.* d. *R. E.* von *40° D.—0°* (P. d. G.) resp. *Ab-R.* d. *R. E.* von *0° — 40° D.* ∠ *Ae* bei			16. b) *Auf-R.* d. *R. E.* von *0° (P. d. G.)* bis *45° C.* resp. *Ab-R.* d. *R. E.* von *45° C.—0°* (P. d. G.) ∠ *Ae* bei		
H.	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*
63°.0	*94° 0*	*103°.0*	30°.5	38°.0	56°.5	33°.0	56°.0	46°.5
62°.5	*77°.0*	*103°.0*	30°.5	23°.0	56°.0	32°.5	54°.0	47°.0
61°.0	*76°.0*	*102°.0*	30°.0	22°.0	53°.5	31°.0	54°.0	48°.5
54°.5	*72°.5*	*101°.5*	24°.0	20°.5	50°.5	30°.5	52°.0	51°.0
74°.5	*100°.0*	*96°.0*	20°.0	33°.5	52°.5	54°.5	66°.5	44°.0
61°.5	*95°.0*	*100°.0*	23°.5	33°.0	54°.0	38°.0	62°.0	46°.0
60°.0	*89°.0*	*100°.5*	25°.0	31°.5	54°.0	35°.0	57°.5	46°.5
59°.0	*76°.5*	*105°.5*	27°.0	23°.0	55°.5	32°.0	53°.5	50°.0
100°.0	*108°.0*	*89°.5*	23°.5	34°.5	50°.0	76°.5	73°.5	39°.5
80°-83°.0	*104°.5-108°.0*	*94°.5*	24°.5-27°.5	33°.5-36°.5	52°.5	55°.5	71°.5	42°.0
64'.5	*101°.5*	*101°.0*	26°.0	33°.0	56°.0	38°.5	68°.5	45°.0
64°.5	*95°.5*	*106°.0*	30°.0	29°.5	57°.5	34°.5	63° 0	48°.5
107°.5	*117°.5-123°.5*	*87°.5*	24°.5	41°.0-47°.0	53°.0	83°.0	76°.5	34°.5
98°.5	*102°.5-104°.0*	*96°.5*	26°.5	35°.5-37°.0	56°.0	72°.0	67°.0	40°.5
96°-101°.5	*97°.5-98°.5*	*99°.0*	24°.5-30°.0	31°.5	57°.0	71°.5	66°-67°.0	42°.0
83°.5	*96°.5*	*104°.5*	31°.0	30°.0	61°.5	52°.5	66°.5	43°.0

Ergebnisse aus obigen Messungen:

1) Die Länge des M. R. internus und externus ist verschieden. Sie ist am Geringsten beim *H*, grösser beim *E* und am Beträchtlichsten beim *M* Auge.

Beim *H*, *E* und *M* Auge nimmt die Länge zu mit Zunahme der Abscissen- sowohl wie der Ordinatenlängen.

Die Längendifferenz zwischen M. R. internus und externus ist am Geringsten beim *H*, grösser beim *E* und am Grössten beim *M* Auge und ist bei jeder der drei Bulbusformen um so grösser je grösser die Abscissenlänge, nimmt aber bei jeder derselben innerhalb gleicher Abscissenlängen mit Zunahme der Ordinatenlängen ab.

Die Länge dieser Muskeln variirt daher sehr bedeutend, je nachdem es sich um hypermetrope, emmetrope oder myope Bulbusform handelt und je nach der Grösse der Abscissen- und Ordinatenlängen.

Es bleibt eine offene Frage, ob bei Entstehung der Myopie aus Emmetropie, nur die Länge der Muskeln zunimmt oder auch ihr Querschnitt.

2) Die Anlegungsstrecke des M. R. internus und externus an den Augapfel bei Parallelstellung der Gesichtslinien (P. d. G.) ist verschieden.

Sie ist bedeutend grösser für den R. externus als für den R. internus.

Sie ist für beide am Geringsten beim *H*, grösser beim *E* und, mit wenigen Ausnahmen, am Grössten beim *M* Auge.

Sie nimmt für den R. internus mit Zunahme der Abscissenlängen bei *H*, *E* und *M* Augen ab, innerhalb gleicher Abscissenlängen mit Zunahme der Ordinatenlängen jedoch zu, für den R. externus dagegen mit Zunahme der Abscissenlängen zu, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch mit Zunahme der Ordinatenlängen ab.

Die Differenz in der Grösse der Anlegungsstrecke des M. R. internus und externus an den Augapfel ist am Geringsten beim *H*, grösser beim *E* und am Grössten beim *M* Auge und nimmt bei den drei Bulbusformen mit

Zunahme der Abscissenlängen zu, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch mit Zunahme der Ordinatenlängen ab.

3) Ab- und Aufrollungsverhältnisse des M. R. internus bei Convergenzdrehungen des Auges von 0^0—45^0 und bei Divergenzdrehungen von 0^0—40^0.

Ausgehend von Parallelstellung der Gesichtslinien beider Augen, Einstellung also der Zeigernadel meines Ophthalmophantomatropes auf 0^0, findet

a) für Convergenzdrehungen von 0^0—45^0 vollständige Abwicklung des M. R. internus statt.

Nur für Abscissenlänge 10 reicht beim *H*, *E* und *M* Auge die Anlegungsstrecke des R. internus an den Augapfel aus, um durch blosse Abrollung eine Convergenzdrehung von 45^0 zu erzielen, für alle andern Abscissen- und Ordinatenlängen reicht die Abrollung nicht aus und findet vollständige Abwicklung schon für diejenigen Convergenzgrade statt, welche durch die eingeklammerten Zahlen wiedergegeben sind. Daher sind die nicht eingeklammerten Zahlen identisch mit der Grösse der Anlegungsstrecke ($\angle$ A_i) des M. R. internus an das Auge bei Parellelstellung der Gesichtslinien.

Diese Abrollungsstrecke ($\angle$ A_i) nimmt bei *H*, *E* und *M* Augen ab mit Zunahme der Abscissenlängen, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch zu mit Zunahme der Ordinatenlängen.

Sie ist bei A. L. 10 und 15 für *H* Augen am Geringsten, für *E* Augen etwas grösser und für *M* Augen am Grössten, bei

A. L. 20 für *H* und *E* Augen ziemlich gleich, für *M* Augen jedoch bei O. L. 25 kleiner, für die übrigen O. L. jedoch grösser als bei *H* und *E* Augen und bei

A. L. 25 und O. L. 25 für *H* und *E* Augen gleich, für *M* Augen kleiner, bei O. L. 30—40 jedoch für *E* Augen am Grössten, für *M* Augen kleiner und für *H* Augen am Kleinsten.

Zugleich ergibt sich, dass der durch blosse Abwicklung des R. internus erreichbare Convergenzgrad für *H* Augen bei allen Abscissen- und Ordinatenlängen am Grössten, für *E* und *M* Augen bei A. L. 10 gleich gross und bei A. L. 15—25 für *E* Augen grösser ist als für *M* Augen.

b) für Divergenzdrehungen von 0^0—40^0 findet bei *E* und besonders bei *M* Augen eine weit beträchtlichere Aufrollung des R. internus statt als die Aufrollung von 45^0—0^0, resp. Abrollung von 0^0—45^0 betragen hat.

Zugleich zeigt sich bei *E* und *M* Augen ausnahmslos eine Abnahme der Aufrollungsstrecke mit Zunahme der Abscissenlängen, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch bei A. L. 10 und 15 eine Abnahme, bei A. L. 15 und 20 eine Zunahme der Aufrollungsstrecke mit Zunahme der Ordinatenlängen.

Beim *H* Auge beträgt die Aufrollung des R. internus für A. L. 10 und O. L. 25—40 bei Divergenzdrehung von 0^0—40^0 gerade gleichviel als die Aufrollung von 45^0—0^0 betragen hat, für A. L. 15 und 20 ist sie geringer, für A. L. 25 grösser als die Aufrollungsstrecke von 45^0—0^0; dagegen ergibt sich wie für das *E* und *M* Auge bei Drehung von 0^0—40^0 und innerhalb A. L. 10 und 15 eine Zunahme der Aufrollungsstrecke mit Zunahme von O. L., innerhalb A. L. 20 und 25 jedoch eine Abnahme mit Zunahme von O. L.

4) Ab- und Aufrollungsverhältnisse des M. R. externus bei Divergenzdrehungen von *0^0—40^0* und bei Convergenzdrehungen von *0^0—45^0*.

Ausgehend von Parallelstellung der Gesichtslinien beider Augen, Einstellung also der Zeigernadel meines Apparates auf 0^0 findet

a) bei Divergenzdrehungen bis *40^0* nirgends vollständige Abwicklung des M. R. externus statt, wie aus einem Vergleich mit den für die Anlegungsstrecke des R. externus an den Augapfel bei Parallelstellung der Gesichtslinien gefundenen Zahlen unmittelbar hervorgeht.

Für das *H* Auge ist die Abrollung des R. externus am Geringsten, grösser für das *E* und am Grössten für das *M* Auge.

Sie nimmt für *H*, *E* und *M* Augen fast ausnahmslos zu mit Zunahme der Abscissenlängen sowohl wie der Ordinatenlängen, wovon für alle drei Bulbusformen nur eine Abscissenlänge von 10 Mm. Ausnahme macht, indem für diese die Abrollungsstrecke oder der Abrollungswinkel beim *H* und *M* Auge grösser ist als für alle übrigen Abscissenlängen, beim *E* Auge grösser ist als bei Abscissenlänge 15 und 20.

Hinsichtlich der Ordinatenlängen sind jedoch noch andere Verschiedenheiten beobachtet worden.

Beim *H* und *M* Auge nämlich nimmt für eine Abscissenlänge 10 der Abrollungswinkel ab mit Zunahme der Ordinatenlängen, bei A. L. 10, 15 und 20 jedoch zu und beim *E* Auge für alle Ordinatenlängen ab.

b) Bei Convergenzdrehungen von 0^0—45^0 sind die Verhältnisse wieder einigermaassen abweichend von denjenigen für Divergenzdrehungen, d. h. im Allgemeinen umgekehrt.

Bei *H* und *E* Augen wächst der Abrollungs- resp. Aufrollungswinkel des R. externus mit Zunahme der Abscissenlängen und zwar beim *H* Auge viel bedeutender als beim *E* Auge. Während beim *H* Auge für eine Abscissenlänge 10 $\angle A_e$ noch viel geringer ist als beim *E* Auge (33 : 56), nimmt derselbe beim *H* Auge so zu, dass er bei A. L. 20 und 25 beim *H* Auge grösser ist als beim *E* Auge ($76^0.5 : 73^0.5$ und $83^0.0 : 76^0.5$).

Zugleich nimmt bei *H* und *E* Augen die Grösse des $\angle A_e$ innerhalb gleicher Abscissenlängen absolut und relativ zu.

Bei *M* Augen nimmt $\angle A_e$ mit Zunahme der Abscissenlängen ab statt zu, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch zu mit Zunahme der Ordinatenlängen, sodass sich die Verhältnisse hinsichtlich der Abscissenlängen sowohl wie der Ordinatenlängen beim *M* Auge

umgekehrt verhalten wie bei *H* und *E* Augen. Seine Grösse steht bei A. L. 10 zwischen *H* und *E* Auge, für jede grössere Abscissenlänge fällt jedoch die Grösse des Winkels immer mehr unter diejenige des *H* und *E* Auges.

Zieht man nun noch die Totaldrehung des Auges von 40^0 Divergenz bis 45^0 Convergenz in Beziehung auf Abrollung, resp. die Totaldrehung des Auges von 45^0 Convergenz bis 40^0 Divergenz in Beziehung auf Aufrollung des M. R. internus und dieselben Totaldrehungen in Beziehung auf Abrollung und Aufrollung des M. R. externus in Betracht, so ergibt sich Folgendes:

α) Der Abrollungs- resp. Aufrollungswinkel ($\angle A_i$) des M. R. internus ist am Geringsten für das *H*, etwas grösser für das *E* und am Grössten, d. h. meistens etwa das Doppelte des Aufrollungswinkels des *H* Auges betragend, für das *M* Auge.

Er nimmt bei *H*, *E* und *M* Augen ab mit Zunahme der Abscissenlängen, dagegen bei *H* Augen zu mit Zunahme der Ordinatenlängen, ausgenommen für A. L. 25, wo er etwas abnimmt, bei *E* Augen ab bei A. L. 10, dagegen zu bei allen übrigen Abscissenlängen und bei *M* Augen ab für A. L. 10 und 15 und zu für A. L. 20 und 25.

β) Die Grösse des Aufrollungs- resp. Abrollungswinkels ($\angle A_e$) des M. R. externus nimmt bei *H* und *E* Augen constant zu mit Zunahme der Abscissenlängen, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch ab mit Zunahme der Ordinatenlängen, bei *M* Augen dagegen mit Zunahme der Abscissenlängen ab und bei A. L. 10 auch mit Zunahme der Ordinatenlängen ab, bei A. L. 15—25 jedoch zu mit Zunahme der Ordinatenlängen.

Vergleicht man schliesslich die Totalaufrollungs- resp. Abrollungswinkel des M. R. internus und externus zwischen 40^0 Divergenz und 45^0 Convergenz oder umgekehrt miteinander, so ergibt sich fast ausnahmslos, dass $\angle A_e > \angle A_i$ und dass, während $\angle A_i$ bei *H* und *E* Augen mit Zunahme der Abscissenlängen ab-, mit Zunahme der Ordinatenlängen aber zunimmt, $\angle A_e$ bei *H* und *E* Augen

mit Zunahme der Abscissenlängen zu-, mit Zunahme der Ordinatenlängen aber abnimmt, dass aber bei *M* Augen beide Winkel einander sehr nahe stehen und beide mit Zunahme der Abscissenlängen ab-, innerhalb gleicher Abscissenlängen aber mit wenigen Ausnahmen mit Zunahme der Ordinatenlängen zunehmen.

Nach meinen Untersuchungen würden sich nun zwischen der Anlegungsstrecke der M. R. interni und externi an den Augapfel und der absoluten Länge derselben von ihrer Ursprungsstelle am Foramen opticum hinweg bis zu ihrer Insertionsstelle am Augapfel ungefähr folgende, zwar nicht überall ganz zutreffende Beziehungen ergeben:

1) Für den R. internus ist bei Parallelstellung der Gesichtslinien die Anlegungsstrecke an den Augapfel umgekehrt proportional zu seiner Länge, d. h. um so länger je kürzer und um so kürzer je länger dieser ist.
2) Für den R. externus ist bei P. d. G. die Anlegungsstrecke an den Augapfel ungefähr proportional seiner Länge.

Ferner in Beziehung auf ∠ φ resp. ∠ A:

3) Aus der Grösse des ∠ A lässt sich die Grösse der Anlegungsstrecke an den Augapfel nur annähernd berechnen, da das Auge keine Kugel ist und sowohl der Drehpunkt desselben nicht mit dem Mittelpunkt einer Kugel von gleichem Radius zusammenfällt, als auch die Strecke des Augapfels, welcher der eine wie der andere der fraglichen Muskeln anliegt, keine Fläche von überall gleichem, sondern im Gegentheil an verschiedenen Stellen sehr verschiedenem Radius ist.
4) Aus demselben Grunde kann auch nicht aus der Grösse der Anlegungsstrecke, berechnet aus r. arc. φ oder A auf die Grösse des Verkürzungsmaximums des Muskels, welches Volkmann durch Subtraction der ersteren Grösse von der absoluten Länge des Muskels finden will, mit Genauigkeit geschlossen werden.
5) Wir dürfen nicht annehmen, dass das Verkürzungsmaximum eines Muskels nur so viel beträgt als die Grösse der

Abrollungsstrecke, subtrahirt von der absoluten Länge desselben, da bei dieser Berechnung bei einer Abscissenlänge von z. B. 25 Mm., wo die Abrollungsstrecke resp. ∠ A_i des R. internus bei Convergenzdrehung von 0^0—45^0 beim *H* Auge $11^0.5$, beim *E* Auge $11^0.5$ und beim *M* Auge $10^0.0$ beträgt, das Verkürzungsmaximum im Verhältniss zu demjenigen bei kleinen Abscissenlängen, wo ∠ A_i bedeutend grösser ist oder zu demjenigen des R. externus bei Divergenzdrehungen von 0^0—40^0 wo ∠ A_e noch sehr viel grösser ist, ausserordentlich klein sein würde.

Freilich müssen wir annehmen, dass die Augenmuskeln in erster Linie um so viel sich verkürzen als ihre Abrollung beträgt, da aber ∠ A sehr verschieden ist, je nachdem es sich um den M. R. internus oder externus oder um ein *H*, *E* oder *M* Auge handelt, so müsste der Grad der Verkürzung für gleiche Drehungsgrade sehr verschieden sein, was sich aus meinen directen Messungen über Längenveränderungen der Augenmuskeln (vgl. Tab. II.) für bestimmte Drehungsgrade nicht erwiesen hat.

In denjenigen Fällen, wo die Anlegungsstrecke eines Muskels zur Erreichung gewisser Drehungsgrade des Augapfels, z. B. Convergenzdrehungen bis 45^0 durch blosse Abwicklung nicht ausreicht, muss sich der betreffende Muskel ohne jegliche Abrollung zusammenziehen und liegt hierin vielleicht ein wesentlicher Grund für jene zuckenden Bewegungen, welche das Auge manchmal macht, wenn es extreme Convergenz- oder Divergenzdrehungen ausführen soll.

Aus r. arc. A., subtrahirt von der Totallänge des Muskels, kann wegen der Verschiedenheit der Radien und der Excentricität des Drehpunktes nur annähernd berechnet werden, um wie viel sich der Muskel zusammenzieht bis er sich vollständig abgerollt oder bis er sich so weit abgerollt hat bis die in einem gegebenen Falle gewünschte Stellung des Auges erreicht ist. Daher wird es mit Hülfe dieser Berechnung eher möglich sein von dem Grad der Verkürzung des M. R. externus als von

demjenigen des R. internus einen annähernden Begriff zu erhalten.

6) Wenn Volkmann für den M. R. internus $\angle \varphi = 29^0\ 31'$ und für den M. R. externus $\angle \varphi = 60^0\ 43'$ als Maass der Augenbewegung, d. h. für den R. internus für eine Convergenz von 42^0 und für den R. externus für eine Divergenz von 38^0 am Lebenden bezeichnet, so darf ich nicht anders als annehmen, dass diese Zahlen für die von ihm gemessenen Fälle oder als durch Rechnung gefundene richtig sind, aber sie stimmen insofern nicht mit den meinigen überein, als diese eben sehr verschieden sind je nach der Bulbusform und nach der Grösse der Abscissen- und Ordinatenlängen.

Die von Volkmann gefundenen Zahlen nähern sich nur wenigen der meinigen.

II. Längenveränderungen der Augenmuskeln bei

Dp. D.	*D. d. M. d. F. o.*	*A. L.*	*O. L.*	*Vk.* d. M. R. *i.* bei *Convergenz* um $5^0.6$ bis 6^0 bei			*Vl.* d. M. R. *e.* bei *Convergenz* um $5^0.6$ bis 6^0 bei			*Vk.* d. M. R. *i.* bei *Convergenz* um 40^0 bei		
				H.	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*
50	30 (20)	10 (15)	25	1.5	1.5	1.5	1	1	1.25	9.5	9	9.5
”	” ”	” ”	30	1.5	1.5	1.5	1.25	1	1.25	9.4	9	9.5
”	” ”	” ”	35	1.5	1.5	1.5	1	1	1.25	9 4	9	9.5
”	” ”	” ”	40	1.5	1.5	1.5	1	1	1.5	9 25	9	9.4
			Durchschnitt	1.5	1.5	1.5	1.06	1	1.31	9.40	9	9.48
						$7^0.1$						
60	30 (20)	15 (20)	25	2	1.75	2.3	1	1	1.5	9.5	9	9.75
”	” ”	” ”	30	2	1.75	2.2	1.25	1	1.5	9.4	9.2	9.5
”	” ”	” ”	35	2	1.75	1.75	1.25	1.25	1.5	9.5	9.25	9.5
”	” ”	” ”	40	2	1.75	2	1.25	1.25	1.5	9.25	9.25	9 5
			Durchschnitt	2	1.75	2.06	1.2	1.12	1.5	9.41	9.18	9.56
						$8^0.3$						
70	30 (20)	20 (25)	25	2.2	2	2.25	1.25	1	1.5	9.5	9	9.75
”	” ”	” ”	30	2.1	2.1	2.25	1.3	1	1.5	9.5	9 5	9.75
”	” ”	” ”	35	2.2	1.8	2.1	1.5	1.25	1.75	9.25	9.25	9.5
”	” ”	” ”	40	2.2	2	2.3	1.75	1.5	1.75	9.5	9 25	9 5
			Durchschnitt	2.18	1.98	2.23	1.45	1.2	1.63	9 44	9.25	9.62
						$9^0.5$						
80	30 (20)	25 (30)	25	2.25	2.25	2.5	1.5	1	1.75	9.5	9.5	10.5
”	” ”	” ”	30	2.4	2.25	2.5	1.5	1.25	1.75	9.5	9.25	10.25
”	” ”	” ”	35	2 4	2.25	2 5	1.5	1.5	2	9.5	9.25	10
”	” ”	” ”	40	2.4	2 25	2.5	1 75	1.5	2	9 5	9.25	10
			Durchschnitt	2.36	2.25	2.5	1.56	1.32	1.9	9.5	9.31	10.19

Aus obigen Messungsresultaten ergeben sich folgende Thatsachen:

1) Bei allen Formen des Augapfels (*H*, *E* und *M*) nehmen Verkürzung und Verlängerung der Antagonisten zu mit Zunahme des Convergenz- und Divergenzgrades.
2) Bei allen Formen des Augapfels und allen Graden von Convergenz und Divergenz ist die Verkürzung des sich zusammenziehenden Muskels grösser, als die dadurch hervorgerufene passive Verlängerung seines Antagonisten. Die Differenz zwischen Verkürzung und Verlängerung ist bei *H*, *E* und *M* Augen grösser bei Convergenz- als bei Divergenzbewegungen.

Convergenz- und Divergenzbewegungen des Augapfels.

Vl. d. M. R. *e.* bei *Convergenz* um *40°* bei			*Vk.* d. M. R. *i.* bei *Convergenz* um *45°* bei			*Vl.* d. M. R. *e.* bei *Convergenz* um *45°* bei			*Vk.* d. M. R. *e.* bei *Divergenz* um *40°* bei			*Vl.* d. M. R. *i.* bei *Divergenz* um *40°* bei		
H.	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*
6.75	7	8.5	10.5	10.25	10.5	7.5	7.7	9.5	9	9	9.25	8.25	8.25	8.75
7	7.25	8.75	10.5	10	10.5	8	8	9.75	8.5	9.25	10	8	8	9
7.5	7.5	9	10.25	10	10.5	8	8	10.25	8.5	9.25	10	8.25	8	9
8	7.5	9	10.5	10	10.5	8.25	8	10.25	8.25	9.25	10	8.25	8	9
7.31	7.31	8.81	10.44	10.06	10.5	7.94	7.9	9.9	8.56	9.19	9.812	8.19	8.06	8.94
6.25	6	8	10.25	10.25	11	7.25	6.75	8.5	9	9.25	9.5	8.25	8.25	8.5
7	7	8.25	10.5	10.25	11	7.5	7.25	9	8.5	9.25	9.5	8.5	8.25	8.75
6.75	7	8.5	10.5	10.25	10.75	7.75	7.5	9.5	8.5	9.25	9.75	8	8	8.6
7.25	7.25	8.5	10.5	10.25	10.75	8.25	8	9.5	8.5	9.25	10.25	8.25	8	8.75
6.81	6.81	8.31	10.44	10.25	10.9	7.69	7.38	9.12	8.62	9.25	9.75	8.25	8.13	8.65
6.5	4.5	8	10.5	10.25	11	6.5	5.25	8.75	9.25	9.25	9	8.5	8.25	8.5
6.2	5.25	8	10.5	10.5	11	7	6	8.75	9	9.5	9	8.5	8.25	8.5
6.5	6.5	8.5	10.5	10.25	11	7.2	7	9.25	9	9.5	9.25	8.5	8.25	8.75
7	7	8.5	10.5	10.25	10.75	7.5	7.25	9.5	8.5	9.5	10	8.25	8.0	8.75
6.55	5.81	8.25	10.5	10.3	10.94	7.3	6.38	9.06	8.94	9.4	9.31	8.44	8.19	8.63
5	4	8	10.5	10.5	11.5	5.75	5	8.25	9	9.5	8.5	8.75	8.5	8.5
5	4.75	7.5	10.5	10.25	11.5	5.8	5.75	8.5	9	9.5	9	8.75	8.25	8.25
6	5.25	8	10.5	10.25	11.25	6.5	6.25	8.5	9	9.5	9.25	8.75	8.25	8.5
6.5	6	8.5	10.7	10.25	11	7	7	9	9	9.5	9.5	8.5	8.25	8.5
5.62	5.0	8.0	10.55	10.31	11.31	6.3	6.0	8.6	9	9.5	9.1	8.7	8.31	8.44

3) Bei allen Formen des Augapfels und allen Graden der Convergenz entspricht Zunahme der Verkürzung des einen einer Abnahme der Verlängerung des andern Antagonisten. Bei Zunahme der Abscissenlängen nimmt die active Verkürzung des einen zu, während die passive Verlängerung des Antagonisten abnimmt, innerhalb gleicher Abscissenlängen aber nimmt mit Zunahme der Ordinatenlängen die Verkürzung des einen meistentheils ab, während die Verlängerung des Antagonisten zunimmt.

Bei der Einstellung des Auges auf ca. 24 Cm. machen sich dieselben Verhältnisse geltend wie für Convergenzgrade von 40° und 45°, nur mit dem Unterschiede, dass,

weil wir hier unsere Untersuchungen nicht für einen bestimmten Convergenzgrad, sondern für das Sehen in eine gewisse Distanz ausgeführt haben, der Grad der Convergenz mit Zunahme der Abscissendistanz ebenfalls wächst, d. h. $5^0.6$—6^0, $7^0.1$, $8^0.3$ oder $9^0.5$ beträgt, wodurch nicht nur die Verkürzung des M. R. internus, sondern auch die Verlängerung des M. R. externus mit Zunahme der Abscissenlänge (und Ordinatenlänge) und des Convergenzgrades statt ab- zunimmt.

4) Für gleiche Convergenzgrade ist die Verkürzung der M. R. interni und die gleichzeitige Verlängerung der M. R. externi bei emmetrop gebauten Augen am Geringsten, etwas grösser bei hypermetrop und am Grössten bei myop gebauten Augen. Beim *H* Auge bleibt bei Convergenzbewegungen gleichen Grades die Grösse der Verkürzung des M. R. internus für jede Abscissen- und Ordinatenlänge stets ungefähr dieselbe, nimmt beim *E* Auge mit dem Wachsen der Abscissen- und Ordinatenlängen im Allgemeinen um etwas, aber um Weniges zu und wächst beim *M* Auge mit Zunahme der Abscissenlängen unzweifelhaft und ziemlich auffallend.

5) Für Divergenzbewegungen scheinen etwas andere Verhältnisse zu bestehen:

Bei *H* und *E* Augen wächst die Verkürzung des Musc. R. externus mit Zunahme der Abscissendistanz und nimmt innerhalb gleicher Abscissenlängen mit Zunahme der Ordinatenlängen beim *H* Auge meistens ab, beim *E* Auge meistens zu, die Verlängerung der Antagonisten aber nimmt, entgegen den Verhältnissen bei Convergenzbewegungen, beim *H* und beim *E* Auge mit dem Wachsen der Abscissenlängen zu, innerhalb gleicher Abscissenlängen aber mit Zunahme der Ordinatenlängen eher etwas ab.

Bei *M* Augen, bei welchen Verkürzung und Verlängerung auch hier wieder bedeutender ist als bei *H* und bei *E* Augen, nimmt, entgegen den *H* und *E* Augen, die Verkürzung des M. R. externus mit Zunahme der Abscissenlängen ab, innerhalb gleicher Abscissenlängen mit Zunahme

der Ordinatenlängen aber zu und die gleichzeitige Verlängerung seines Antagonisten, d. h. des M. R. internus ebenfalls ab, innerhalb gleicher Abscissenlängen aber mit Zunahme der Ordinatenlängen meistens zu.

Für Divergenzbewegungen ist es nicht wie bei Convergenzbewegungen das *E* Auge, welches die geringste Verkürzung fordert, sondern das *H* Auge, dagegen ist die passive Verlängerung des Antagonisten beim *E* Auge am geringsten, während sie beim *H* Auge beträchtlicher ist.

6) Mit dem Grade der Verkürzung und Verlängerung eines Muskels hält der Kraftverbrauch nicht gleichen Schritt (s. unten).

III. Berührung des Sehnerven durch den M. R. internus und externus. IV. Kraftverbrauch des M. R. internus und externus bei Convergenz- und Divergenzbewegungen des Augapfels.

Dp. D.	*D. d. M. d. F. o.*	*A. L.*	*O. L.*	*Convergenzgrad,* bei welchem der *M. R. externus* den *Sehnerv* zu *berühren* anfängt:			*Kraftverbrauch* des *M. R. internus* in Grammen für *Convergenz* von $5^0.6$—6^0 bei			von 45^0 bei		
				H.	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*
50	30 (20)	10 (15)	25	25^0—26^0	23^0 —25^0	28^0	35	38	52	67 (57)	89 (75)	112 (95)
”	” ”	” ”	30	28^0	$27^0.5$—30^0	$32^0.5$—34^0	32	37	45	59 (48)	85 (68)	90 (85)
”	” ”	” ”	35	33^0	30^0—$32^0.5$	$37^0.5$—38^0	29	35	42	50 (45)	76 (65)	80 (70)
”	” ”	” ”	40	$36.^05$	35^0	$43^0.5$—44^0	24	34	38	44 (39)	62 (50)	63 (59)
						$7^0.1$						
60	30 (20)	15 (20)	25	20^0	15^0—17^0	22^0—23^0	27	33	47	90 (73)	107 (77)	120 (96)
”	” ”	” ”	30	24^0	21^0—$22^0.5$	25^0	25	30	39	75 (68)	90 (74)	101 (90)
”	” ”	” ”	35	27^0	25^0—27^0	28^0	24	28	37	67 (58)	83 (69)	87 (76)
”	” ”	” ”	40	32^0	30^0—32^0	33^0—34^0	23	25	34	56 (47)	65 (59)	72 (61)
						$8^0.3$						
70	30 (20)	20 (25)	25	13^0	$8^0.5$—9^0	15^0	24	30 (28)	44	110 (83)	122 (91)	131(112)
”	” ”	” ”	30	19^0	12^0—17^0	20^0—22^0	22	27	38	96 (72)	109 (87)	118 (95)
”	” ”	” ”	35	$23^0.5$	19^0—22^0	25^0	21	27	36	73 (61)	89 (72)	105 (87)
”	” ”	” ”	40	28^0	25^0—$27^0.5$	30^0	19	25	33	62 (50)	77 (68)	87 (75)
						$9^0.5$						
80	30 (20)	25 (30)	25	8^0	5^0— $7^0.5$	9^0—10^0	23	26 (24)	41	139(100)	170(109)	148(120)
”	” ”	” ”	30	13^0	$7^0.5$—12^0	16^0—17^0	17	25 (21)	37	120 (97)	140(102)	126(108)
”	” ”	” ”	35	17^0	15^0—17^0	20^0	16	22	34	97 (88)	105 (93)	111 (98)
”	” ”	” ”	40	22^0	18^0—21^0	25^0—26^0	15	21	31	77 (69)	94 (85)	99 (88)

Dp. D.	*D. d. M. d. F. o.*	*A. L.*	*O. L.*	*Divergenzgrad*, bei welchem der *M. R. internus* den *Sehnerv* zu berühren anfängt:			*Kraftverbrauch* des *M. R. externus* in Grammen für *Divergenz* von *10°* *Convergenz* auf *0°*, d. h. bis zu *Parallelstellung der Sehlinien:*			von *40°* bei		
				H.	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*	*H.*	*E.*	*M.*
50	30 (20)	10 (15)	25	40°	45°—46°	25°	61	52	40	80 (72)	69 (63)	105 (80)
”	” ”	” ”	30	39°	43°	24°	55	50	37	70 (69)	64 (61)	98 (70)
”	” ”	” ”	35	38°	42°	23°	51	47	36	63 (58)	58 (56)	80 (64)
”	” ”	” ”	40	36°	40°—41°	22°	49	46	35	59 (56)	55 (51)	71 (58)
60	30 (20)	15 (20)	25	50°	48°	35°	65	55	41	81 (81)	70 (68)	85 (79)
”	” ”	” ”	30	47°.5	44°	32°	59	53	40	73 (73)	66 (64)	83 (70)
”	” ”	” ”	35	45°	42°.5	31°	55	51	38	66 (66)	61 (57)	74 (61)
”	” ”	” ”	40	43°	41°	30°	54	49	37	63 (63)	57 (52)	66 (57)
70	30 (20)	20 (25)	25	57°	55°	43°	66	63	42	82 (82)	76 (76)	70 (69)
”	” ”	” ”	30	55°	52°	39°—40°	61	58	41	74 (74)	70 (70)	66 (65)
”	” ”	” ”	35	52°.5	48°	37°	60	53	39	69 (69)	62 (62)	60 (59)
”	” ”	” ”	40	50°	47°	36°	56	50	38	65 (65)	58 (58)	59 (56)
80	30 (20)	25 (30)	25	63°	70°	52°	72	67	49	87 (87)	79 (79)	68 (68)
”	” ”	” ”	30	62°.5	68°	48°	65	60	42	78 (78)	71 (71)	60 (60)
”	” ”	” ”	35	58°	57°	46°	64	56	41	72 (72)	64 (64)	58 (58)
”	” ”	” ”	40	57°	55°	43°	60	52	40	68 (68)	59 (59)	53 (53)

Schlussfolgerungen aus obigen Resultaten:

1) Bei allen Formbildungen (*E*, *H* und *M*) des Augapfels kommt Berührung des Sehnerven vor, und zwar bei Convergenzbewegungen durch den M. R. externus, bei Divergenzbewegungen durch den M. R. internus. Nur ist der Grad der Convergenz und Divergenz, bei welchem diese Berührung eintritt, verschieden und hängt derselbe einerseits von der Form des Auges, andererseits von den Abscissen- und Ordinatenlängen ab.
2) In Folge der Form ist der Berührung durch den M. R. externus bei Convergenzbewegungen am Meisten das emmetrope Auge ausgesetzt, denn bei ihm kann die Berührung schon mit 5° Convergenz, im günstigsten Falle, d. h. je nach den Abscissen- und Ordinatenlängen erst mit 35° beginnen, ihm folgt das hypermetrope Auge mit 8°—36°.5 und diesem das myope Auge mit 9°—44° Convergenz.

3) Gerade umgekehrt verhält es sich bei Divergenzbewegungen. In Folge der Form ist der Berührung durch den M. R. internus das myope Auge am Meisten ausgesetzt, bei welchem dieselbe je nach der Grösse der Abscissen- und Ordinatenlängen schon bei 22°—52° eintreten kann, ihm folgt das hypermetrope Auge mit 36°—63° und diesem das emmetrope Auge mit 40°—70° Divergenz.
4) Absehend von der Form des Augapfels beginnt die Berührung durch den M. R. externus bei um so niedereren Convergenzgraden, je grösser die Abscissen- und je kürzer die Ordinatenlänge, die Berührung durch den M. R. internus bei um so niedereren Divergenzgraden je kleiner die Abscissen- und je grösser die Ordinatenlänge ist.

   Mit der Zunahme der Möglichkeit der Berührung durch den M. R. externus bei Convergenzbewegungen, nimmt also diejenige der Berührung durch den M. R. internus bei Divergenzbewegungen ab.
5) Eine Abscissenlänge von 20 bis 25 Mm. bei einer Ordinatenlänge von 25 bis 30 Mm. disponirt am Meisten zu dieser Berührung bei Convergenzbewegungen.

   Da nun in der grossen Mehrzahl der Fälle die Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica zwischen 20 und 30 Mm. (vgl. II. Theil), diejenige der Augendrehpunkte zwischen 50 und 70 Mm. (vgl. I. und II. Theil) und die Ordinatenlänge zwischen 25 und 30 Mm. schwankt, so werden die für Berührung nothwendigen Bedingungen resp. Maassverhältnisse sehr häufig erfüllt und gegeben sein.

Eine Abscissenlänge von mehr als 25 Mm. würde diesen Bedingungen zwar in noch höherem Grade Genüge leisten, dürfte aber, ebenso wie eine geringere Ordinatenlänge als 25 Mm., nur selten zu finden sein.

Allgemein lässt sich das Gesagte dahin zusammenfassen, dass, je grösser die Differenz zwi-

schen der Drehpunktsdistanz der Augen und der Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica und je geringer die Tiefe der Orbita ist, um so eher die genannte Berührung eintreten wird.

6)[1]) Convergenzbewegungen niederen Grades erfordern für *H* und *E* Augen geringere, für *M* Augen dagegen ungefähr gleich grosse Kraftmenge als Divergenzbewegungen gleichen Grades.

Convergenzbewegungen höheren Grades erfordern für *H* Augen bei kleinen Abscissenlängen weniger, bei grösseren aber mehr Kraft als gleich grosse Divergenzbewegungen, für *E* Augen bei kleinen und grossen Abscissenlängen mehr Kraft als Divergenzbewegungen gleichen Grades, und für *M* Augen bei kleineren Abscissenlängen ungefähr gleich viel Kraft, bei grösseren Abscissenlängen aber mehr Kraft als Divergenzbewegungen gleichen Grades.

7) Der Kraftverbrauch des M. R. internus nimmt beim *H*, *E* und *M* Auge für Convergenz auf eine Entfernung von ca. 24 Ctm. (d. h. $5^0.6$—6^0, $7^0.1$, $8^0.3$ oder $9^0.5$) mit Zunahme der Abscissen- sowohl wie der Ordinatenlänge ab und ist am Geringsten für das *H*, grösser für das *E* und am Grössten für das *M* Auge.

Würde jedoch die schon bei diesen geringen Convergenzgraden eintretende Berührung des Sehnerven durch den M. R. externus ausgeschlossen, so würde, nach gemachten Versuchen, der Kraftverbrauch in noch höherem Grade abnehmen, und z. B. für das *E*-Auge bei A. L. 25 und O. L. 25 statt 26, nur 22 Grm. (eingeklammerte Zahlen) betragen.

---

[1]) Um stets gleiche Spannung des elastischen Schnürchens zu haben, wurde bei allen Messungen dasselbe mit 50 Grm. belastet und die Zeigernadel bei Messungen über Convergenz auf 10^0 Divergenz, bei Messungen über Divergenz auf 10^0 Convergenz eingestellt und wurden jeweilen von diesen Stellungen aus alle Messungen vorgenommen.

8) Der Kraftverbrauch des M. R. internus nimmt beim *H*, *E* und *M* Auge für Convergenz bis auf 45° mit Zunahme der Abscissenlänge zu, bei gleichbleibender Abscissenlänge aber mit Zunahme der Ordinatenlänge ab, und zwar sowohl bei Ausschluss der Externuswirkung, als auch wenn eine solche stattfindet. Die grösste Zunahme bei Ausschluss zeigt das *H* Auge, geringere das *E* und die geringste das *M* Auge. Ebenso würden die Verhältnisse bei stattfindender Einwirkung sein, wenn nicht, in Folge ganz besonders früh eintretender Externuswirkung beim *E* Auge, das letztere, wenn auch erst bei den höchsten Abscissenlängen, doch die grösste Zunahme zeigen würde.

9) Für jede der drei Formen des Augapfels, d. h. für die hypermetrope, die emmetrope und die myope Form ergibt sich ein Unterschied im Kraftverbrauch des M. R. internus für einmalige Convergenzdrehung höheren Grades, wenn der verdrängende Einfluss des M. R. externus auf den Sehnerven stattfindet, wie dieses höchst wahrscheinlich der Fall ist, oder wenn dieser Einfluss versuchsweise absichtlich ausgeschlossen wird (eingeklammerte Zahlen).

Lässt man die verdrängende Wirkung des M. R. externus ausgeschlossen, so ist der Kraftverbrauch für alle drei Formen des Auges geringer als bei dessen Einwirkung und beim *H* Auge am Geringsten, beim *E* Auge grösser und beim *M* Auge am Grössten.

Hieraus ist nothwendiger Weise der Schluss zu ziehen, dass die Form des Augapfels, welche hier der einzige bestimmende Factor ist, dem *M* Auge die Convergenz am Meisten erschwert, dem *H* Auge am Meisten erleichtert und das *E* Auge die Mitte zwischen beiden halten lässt.

Wird die verdrängende Wirkung des M. R. externus auf den Sehnerven nicht ausgeschlossen, so ist für alle drei Formen des Auges der Kraftverbrauch grösser. Dennoch ist es auch hier wieder das *H* Auge, welches den geringsten, das *E* Auge, welches grösseren und das

M Auge, welches den grössten Kraftverbrauch fordert. Nur für eine Abscissenlänge von 25 Mm. und eine Ordinatenlänge von 25—30 Mm. übersteigt der Kraftverbrauch des *E* Auges denjenigen des *M* Auges, entsprechend dem beim *E* Auge hier am Frühesten, d. h. schon bei den niedersten Convergenzgraden beginnenden, somit auch am Längsten und Intensivsten dauernden Verdrängungseinflusse des M. R. externus auf den Sehnerven.

10) Convergenzbewegungen sind unter allen Umständen für das *M* Auge am Schwierigsten auszuführen, d. h. erfordern für dieses am meisten Kraft, ausgenommen für eine Abscissenlänge von 25 Mm. und eine Ordinatenlänge von 25—30 Mm., wo, wie wir gesehen haben, wegen früherem Eintreten der Externuswirkung beim *E* als beim *M* Auge das Krafterforderniss für das *E* Auge beträchtlicher ist. Im Uebrigen hält das *E* Auge die Mitte zwischen *M* und *H* Auge. Für letzteres sind Convergenzbewegungen unter den drei Formen des Augapfels bei Weitem am Leichtesten auszuführen.

11) Analog der Zunahme des Kraftverbrauches des M. R. internus bei Convergenzbewegungen mit Zunahme der Abscissenlänge und Abnahme des Kraftverbrauches mit grösser Werden der Ordinaten- bei gleich bleibender Abscissenlänge, sollte man bei Divergenzbewegungen eine Zunahme des Kraftverbrauches des M. R. externus mit Zunahme der Abscissen-, bei gleichbleibender Abscissenlänge jedoch eine Abnahme mit zunehmender Ordinatenlänge erwarten.

Es zeigen sich jedoch bei geringen[1]) wie bei bedeutenderen Divergenzbewegungen einige Besonderheiten. Während wir nämlich gefunden haben, dass für geringe Convergenzgrade die Kraftmenge mit Zunahme der Abscissen-

---

[1]) Man findet in obiger Zusammenstellung der gefundenen Werthe neben Zahlenangaben über Divergenzbewegungen bis auf 40^0 auch solche für kleinere Divergenzbewegungen, d. h. von 10^0 Convergenz auf 0^0, resp. Parallelstellung der Gesichtslinien, um einen Begriff zu erhalten über die für solche erforderliche Kraftmenge und um dieselben mit Convergenzbewegungen ähnlichen Grades vergleichen zu können.

und Ordinatenlängen abnimmt und für *H* Augen am Geringsten, für *E* Augen grösser und für *M* Augen am Grössten ist, finden wir für geringe Divergenzbewegungen gerade umgekehrte und entgegengesetzte Verhältnisse, nämlich für *H* Augen den grössten, für *E* Augen etwas geringeren und für *M* Augen den geringsten Kraftverbrauch und mit Zunahme der Abscissenlängen nicht eine Abnahme, sondern eine Zunahme der erforderlichen Kraftmenge, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch eine Abnahme mit Zunahme der Ordinatenlängen.

Diejenigen Augen also, deren Form eine leichte Convergenz bedingt, zeigen erschwerte Divergenz und diejenigen, deren Form eine schwere Convergenz bedingt, zeigen erleichterte Divergenz.

Es lässt sich dieses nicht nur im Allgemeinen nachweisen, sondern sogar für die einzelnen Abscissen- und Ordinatenlängen beweisen, denn während Convergenzbewegungen mit dem Wachsen der Abscissen- und Ordinatenlängen immer leichter werden, nimmt die Schwierigkeit für Divergenzbewegungen in fast gleichem Verhältnisse zu.

Es ist dieses um so interessanter und werthvoller zu wissen, als sich diese Verhältnisse gerade für diejenigen Excursionen des Augapfels in so eclatanter Weise zeigen, welche binocular am Häufigsten beim abwechselnden Sehen in die Ferne und in die Nähe ausgeführt werden.

Für hohe Divergenzbewegungen wiederholt sich Aehnliches wie für niedere.

Das *H* Auge, welches die geringste Kraftmenge für Convergenzbewegungen beansprucht, bedarf der grössten Kraftmenge für Divergenzbewegungen, und zwar mit und ohne Ausschluss der Verdrängungswirkung des M. R. internus (NB. wo die eingeklammerten Zahlen mit den nicht eingeklammerten identisch sind, findet ein Internuseinfluss nicht statt). Wie für Convergenzbewegungen nimmt die erforderliche Kraftmenge mit Zunahme der Abscissenlänge zu, innerhalb gleicher Abscissenlängen mit Zunahme der Ordinatenlängen ab.

Das *E* Auge, welches für Convergenzbewegungen hinsichtlich der erforderlichen Kraftmenge die Mitte zwischen *H* und *M* Auge

hält (ausgenommen bei A. L. 25 Mm. und O. L. 25 und 30 Mm.), hält auch für Divergenzbewegungen die Mitte, d. h. es bedarf, entsprechend der grösseren Kraftmenge für Convergenzbewegungen, in ähnlichem Verhältniss geringere Kraft als das *H* Auge. Im Uebrigen gilt für das *E* Auge dasselbe wie für das *H* Auge.

Dem *H* und dem *E* Auge entgegengesetzt verhält sich das *M* Auge. Obschon auch bei ihm die für Convergenzbewegungen aufzuwendende Kraftmenge mit Zunahme der Abscissenlängen zunimmt, nimmt bei ihm für Divergenzbewegungen die Kraftmenge ab mit Zunahme der Abscissenlängen, in dem Sinne also, dass, während bei ihm, wie beim *H* und beim *E* Auge bei Convergenzbewegungen die geringste Abscissenlänge auch die absolut geringste Kraftmenge fordert, für Divergenzbewegungen die geringste Abscissenlänge die grösste Kraftmenge und die grösste Abscissenlänge die geringste Kraftmenge fordert. Es ist diess ein ganz eigenthümliches Verhältniss und eine auffallende Ausnahme, die sich mir immer und immer wieder zeigte, so oft ich die Messungen wiederholte, und sowohl mit als ohne Ausschluss der Internuswirkung.

Für alle drei Formen des Auges ergibt sich noch, dass sowohl der Unterschied in der Grösse der Kraftmenge zwischen verschiedenen Abscissenlängen, als auch der Unterschied in der Grösse des Kraftverbrauches mit oder ohne Ausschluss der Internuswirkung bei Divergenzbewegungen geringer ist als bei Convergenzbewegungen, letzteres aus dem Grunde, weil diese Einwirkung, wenn sie überhaupt eintritt, erst viel später, d. h. erst bei stärkeren Divergenzdrehungen sich einstellt, als dieses für die Convergenzbewegungen der Fall ist.

Divergenzbewegungen fallen also, namentlich bei höheren Abscissenlängen, durchaus zu Gunsten myoper und zu Ungunsten hypermetroper Augen aus, wie die Convergenzbewegungen zu Gunsten hypermetroper und zu Ungunsten myoper Augen. Für *E* Augen fallen Divergenzbewegungen nur für die geringsten Abscissenlängen zu ihren Gunsten aus, bei Zunahme derselben bleiben erstere in der Mitte zwischen *H* und *M* Augen, während bei Convergenzbewegungen *E* Augen für geringe, mittlere und höchste Abscissenlängen (ausgenommen für eine A. L. von 25 Mm. und mehr und eine

O. L. von 25 oder weniger Mm.) die Mitte zwischen *H* und *M* Augen halten.

Unter den Untersuchungen, deren Resultate ich zuerst in Zahlen und soeben in einzelnen Sätzen dargethan habe und welche die Fragen: Ueber Muskellänge, Anlegungs-, Abrollungs- und Aufrollunngswinkel, Muskel-Verkürzung und -Verlängerung, Berührung des Sehnerven durch den M. R. externus oder internus und Kraftverbrauch des M. R. internus und externus bei Convergenz- und Divergenzdrehungen des Augapfels zum Gegenstande haben, scheint mir diejenige über die Berührung des Sehnerven für die Aetiologie der Myopie und für einige andere Erscheinungen von besonderer Wichtigkeit.

Die Möglichkeit dieser Berührung ist bei Convergenzbewegungen weit grösser als bei Divergenzbewegungen, bei welch letzteren dieselbe überhaupt von untergeordneter Bedeutung ist. Wir fassen daher vorläufig nur die Berührung bei Convergenzbewegungen in's Auge. Der Convergenzgrad, bei welchem dieselbe beginnt, hängt, wie wir gesehen haben, einerseits von der Form resp. dem Bau des Augapfels, andererseits von dem Bau der Orbita resp. der Tiefe derselben und von der Entfernung der Augendrehpunkte und der Mittelpunkte der Foramina optica ab.

Und diese Möglichkeit ist desshalb häufig gegeben, weil gerade die für Berührung nothwendigen Pupillen- oder Drehpunktsdistanzen von 50—70 Mm. (vgl. I. Th.) bei einer Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica von 20—30 Mm. (vgl. II. Th.), folglich auch eine Abscissenlänge von 20—25 Mm. häufige Maassverhältnisse sind.

Die Berührung des Sehnerven ist selbstverständlich nicht in dem Sinne zu nehmen, als ob der M. R. externus oder internus denselben wirklich berühren könnte, denn der ganze Raum zwischen Sehnerv und Muskelpyramide ist mit Fett ausgefüllt. Wenn nun aber auch eine solche Berührung nicht direct stattfindet, so kann sie doch indirect erfolgen, sie wird durch das zwischenliegende Fett auf den Nerven so zu sagen transmittirt werden, ja es wird schon für diejenigen Grade von Convergenz, bei welchen es in meinem Apparate nur bei Berührung bleibt, in Wirklichkeit nicht eine blosse Berührung, sondern eine Art Druck

sein, der mit dem Grade der Convergenz wächst. Der M. R. externus wird das Fett und das Fett den Sehnerv nach einwärts, d. h. nasenwärts zu verdrängen suchen. Er selbst wird, bei der Drehung des Augapfels nach innen, in passive Dehnung und Streckung versetzt und daher einem ihm hindernd in den Weg tretenden und ihn temporalwärts drängenden Körper, wie der Sehnerv ist, nicht gleich ausweichen, sondern diesen auf die Seite, d. h. nasalwärts zu schieben suchen und erst bei mangelnder Nachgiebigkeit desselben sich an dieser Stelle selbst verdrängen lassen.

Dieses ist mit meinem Ophthalmophantomatrop mit Leichtigkeit nachzuahmen und zu beweisen. Bei Drehung des Auges nach innen dreht sich sein hinterer Pol nach aussen und mit ihm der Sehnerv. Letzterer bildet dann in der Nähe des Augapfels eine nach aussen leicht convexe Wölbung. Sobald die Convergenz denjenigen Grad überschritten hat, welcher zur blossen (indirecten) Berührung des Sehnerven durch den M. R. externus nothwendig ist, sucht der letztere diese Convexität auszugleichen, wird aber, sobald diese Ausgleichung theilweise stattgefunden hat, an dieser Stelle selbst nach aussen gedrängt.

Am Lebenden wird sich jedoch eine Verdrängung des Sehnerven medianwärts an der Stelle der Berührung resp. Druckwirkung des M. R. externus nicht auf diese beschränken, sondern, da die Berührungs- oder Druckstelle bei höheren Abscissenlängen ganz nahe, d. h. nur ca. 3 Mm., bei geringeren Abscissenlängen bis zu 10 Mm. von der Hinterfläche des Bulbus entfernt ist, auf das peripher gelegene, d. h. in der Augapfelwand steckende, intrasclerale Sehnervenstück fortpflanzen.

Da ein Theil der Veränderungen, welche hierdurch hervorgerufen werden können, nur auf Grund der anatomischen Verhältnisse ihre Rechtfertigung finden, ist es nothwendig, auf einige derselben hinzuweisen.

Bekanntlich trennt man die Sehnervenscheide[1]) in eine äussere und in eine innere und bezeichnet den Raum zwischen beiden als Intervaginalraum oder als subvaginalen Raum. Die äussere Scheide lässt sich hinwiederum in zwei Mem-

---

[1]) Vgl. Schwalbe, Mikroskopische Anatomie in Gräfe's u. Sämisch's Handbuch d. Augenheilkunde. Bd. I. 1874.

branen trennen, in eine äussere, deren Textur mit derjenigen der Dura mater und in eine innere, deren Textur mit derjenigen der Arachnoidea cerebri zu identificiren ist. So kann man die äusserste Scheidenmembran als Dural-, die nächstinnere als Arachnoidalscheide und den Raum zwischen beiden, wenn ein solcher vorhanden ist, als Arachnoidal- oder Subduralraum bezeichnen und als Fortsetzung desselben Raumes in der Schädelhöhle auffassen.

Die innere Scheide des Sehnerven ist als unmittelbare Fortsetzung der Pia mater des Gehirns anzusehen und wird daher Pialscheide genannt.

In der Nähe des Augapfels verschmelzen die äusserste oder Duralscheide und die nächstinnere oder Arachnoidalscheide fast vollständig miteinander, sodass der Subduralraum verschwindet und nur der Subarachnoidalraum noch übrig bleibt.

Die so zu einer Schicht miteinander verschmolzenen Opticusscheiden gehen mit ihren Fasern in die Faserung der äussern zwei Dritttheile der Sclerotica über, sodass äussere Opticusscheide und Sklera ununterbrochen zusammenhängen.

Die dritte und innerste Schicht, d. h. das innere Neurilemm oder die Pialscheide umhüllt den Sehnerven auf's Innigste und begleitet ihn bis in die nächste Nähe der Chorioidea. Hier erst biegt der grössere Theil der Fasern dieser innersten Schicht um und verlässt den Sehnerv, um das innerste Drittheil, d. h. die der Chorioidea zunächst gelegene Schicht der Sklera zu bilden.

Ein anderer Theil dieser Fasern vereinigt sich mit der Chorioidea, welche an dieser Stelle fest mit der Sklera verwachsen ist, während ein Theil der Fasern, welche parallel mit der Längsaxe des Sehnerven laufen, das eigentliche Bindegewebsgerüste des Sehnervenstromas bilden.

An derjenigen Stelle, an welcher die äussern Pialschichten den innersten Theil der Sclerotica bilden, übernimmt letztere die bisherige Rolle der Pialscheide. Indem sie den Sehnerven hier fest umschliesst, durchsetzt sie zugleich den ganzen Querdurchmesser desselben mit zahlreicheren und stärkeren Bindegewebsbündeln, als dieses bis dahin durch die innern Pialschichten geschehen ist und bildet so die Lamina cribrosa.

Die Chorioidea, welche an der Eintrittsstelle des Sehnerven fest mit der Sclerotica verwachsen ist, scheint sich an der Bildung der Lam. cribr. nicht zu betheiligen (Donders, Henle), obschon im Niveau der Chorioidea zartere Faserzüge als diejenigen der Lam. cribr. den Sehnerven durchsetzen; diese scheinen jedoch vom innersten Winkel der Sklera und von dem die Centralgefässe begleitenden Bindegewebsstrange abzustammen (vgl. Schwalbe, l. c. p. 349. Fig. 12).

Was den bereits erwähnten subvaginalen oder subarachnoidalen Raum betrifft, so soll derselbe nach v. Jäger[1]) (vgl. Fig. 26 u. 27 in Stellwag's Augenheilkunde) in normalen Augen spitz zwischen Sklera und Pialscheide und hart an der Chorioidea endigen.

Neuere Untersuchungen [Michel[2])] haben jedoch festgestellt, dass die Form und Ausdehnung dieses Raumes auch unter normalen Verhältnissen sehr variabel ist.

Unter diesen verschiedenen Formen sind es besonders zwei, welche bei normalen Augen vorkommen können, bei Kurzsichtigen aber constant gefunden werden (vgl. Schwalbe, l. c. Fig. 2, Michel, l. c. Fig. 3, v. Jäger, Fig. 148 in Donders Refractions- und Accommodationsanomalien).

Es ist erstens diejenige Form (äussere Seite der Fig. 3 von Michel), wo die Hypothenuse des dreieckigen Spaltraumes durch die schräg nach der Sclerotica sich hinüberziehende äussere Opticusscheide und die eine Kathete von dem innern Neurilemm, d. h. von der Pialscheide, die andere Kathete von dem innersten Scleraltheil gebildet wird; zweitens diejenige Form (innere Seite der Fig. 3 von Michel) des dreieckigen Spaltraumes, welche man sich „dadurch entstanden denken kann, dass die Hypothenuse des Dreiecks unter einem rechten Winkel nach innen eingeknickt worden ist“ (vgl. Schwalbe, l. c. pag. 331). „Meistens findet man auf der äussern Seite des Bulbus das Endstück des Spaltes viel weiter in die Sklera hineingeschoben, wie auf der innern der Medianlinie zugekehrten“ (vgl. Schwalbe, l. c. pag. 332).

---

[1]) Ed. v. Jäger. Ueber die Einstellungen des dioptrischen Apparates im menschlichen Auge. Wien 1861.

[2]) Michel. Beiträge zur näheren Kenntniss der hintern Lymphbahnen des Auges. Arch. f. Ophth. Bd. XVIII. Ab. 1. Hiezu Taf. III u. IV. 1872.

Auf die Skleralschichten folgen nach innen die Chorioidealschichten[1]), von welchen die innerste oder Pigmentschicht nach M. Schultze aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen (Entwicklung aus der äussern Lamelle der secundären Augenblase) richtiger zur Netzhaut gezählt wird und beim Abziehen der letzteren von der glatten Innenfläche der mit dem Stroma der Chorioidea fest und untrennbar verbundenen Glaslamelle meistentheils an der Netzhaut hängen bleibt.

An keiner Stelle hängt die Chorioidea mit der Sklera fester zusammen, ausgenommen vorne an der Uebergangsstelle der Sclerotica in die Hornhaut und hinten an der Eintrittsstelle des Opticus, wo ihre innern Schichten in einen Ring übergehen, der die durchtretende Sehnervenmasse, welche gerade an dieser Stelle wegen Verlust der Markscheiden sich bedeutend verschmächtigt, umfasst. Nur die Arterien und Nerven, welche die Sclerotica durchbohren, um in die Chorioidea einzutreten, und die Venen, welche den umgekehrten Weg einschlagen, bilden noch eine fernere Vereinigung oder Anheftung beider Membranen.

Bei Einwirkung nun einer Kraft, welche den optischen Nerven medianwärts zu drängen sucht, wird, wenn diese Verdrängung bis auf das intraoculare Ende desselben sich fortpflanzt, bei der anatomischen Anordnung der verschiedenen Schichten, welche die Eintrittsstelle des Opticus in das Auge umgeben und umfassen, mit dieser Verdrängung entweder eine Drehung des intraocularen Sehnervenendes um eine verticale Axe, welche etwa im Niveau zwischen Retina und Chorioidea von oben nach unten oder besser von oben aussen nach unten innen verlaufen würde, verbunden sein, oder wegen der festen Anheftung des Nerven an den Skleralring eine solche Drehung nicht erfolgen und es bei der Verdrängung bleiben.

Im Falle einer wirklichen Drehung wird das innerste oder am Meisten peripher liegende Ende des Nerven sich temporalwärts, das mehr central gelegene aber an der Eintrittsstelle in die Sklera sich zugleich nasenwärts drehen.

Sei das Eine oder das Andere der Fall, so wird die Folge

---

[1]) Vgl. H. Sattler. Ueber den feineren Bau der Chorioidea des Menschen etc. Arch. f. Ophth. Bd. XXII. Ab. 2. pag. 37. 1876.

dieser Verdrängung die sein, dass sämmtliche an der Aussenseite des Nerven angehefteten Membranen, während das Auge durch den Musc. R. internus in einer geringeren oder höhergradigen Convergenzstellung festgehalten ist, durch den medianwärts gedrückten Nerven nachgezogen werden. Diesem Zuge wird diejenige Membran am Meisten ausgesetzt sein, welche dem Punkte der verdrängenden Kraft zunächst liegt und welche, wenn eine Drehung des intraocularen Sehnervenendes stattfindet, die grösste Excursion zu machen hat. Dieses ist die äussere Opticusscheide. Da sie gleichzeitig weit weniger fest als andere Membranen, richtiger ist zu sagen nur sehr locker mit dem Nerven resp. der Pialscheide verbunden ist, so wird sie an dem Winkel ihrer Uebergangsstelle vom Nerven nach der Sklera bei irgend welcher Dehnung oder Zerrung leicht von der innern Scheide sich ablösen, und es erscheint ziemlich wahrscheinlich, dass dadurch jener dreieckige Raum entstehen muss, welcher auch bei normalen, ausnahmslos aber bei myopen Augen an der Aussenseite des optischen Nerven gefunden wird (vgl. oben). Zugleich wird die Loslösung dieser Scheide von dem innern Dritttheil der Sklera, d. h. die subarachnoidale Spalte um so weiter gegen den Aequator des Bulbus sich ausbreiten, je stärker die Dehnung oder Zerrung, je bedeutender die Verdrängung des optischen Nerven medianwärts gewesen ist.

Umgekehrt wird in Folge solcher Verdrängung der vorher rechte oder stumpfe Winkel an der Innenseite des Sehnerven zwischen diesem und der Sklera spitzer, die Hypothenuse also des dreieckigen Spaltraumes eingeknickt werden.

Die Entstehung dieses Raumes kann man sich dadurch erklären, dass bei starken Divergenzbewegungen des Auges die äussere Scheide angespannt wird und sich in Folge dessen von der inneren loszutrennen sucht, während bei darauf folgenden Convergenzbewegungen des Auges die äussere Scheide im Gegentheil einwärts geknickt wird. Diese abwechselnde Dehnung und Knickung dürfte leicht zur Entstehung jenes Spaltraumes und seiner charakteristischen Form Veranlassung geben, wenn anders man nicht vielleicht daran denken darf, dass mitunter der einmal auswärts entstandene Raum nach oben und unten und von da auch median-

wärts sich ausdehne, oder in gewissen Fällen diese Räume wenigstens theilweise auch schon präformirt vorkommen.

Diejenige Membran, welche nächst der äusseren Opticusscheide am Stärksten gedehnt wird, ist die innere Opticusscheide, resp. das innere Dritttheil der Sklera, da diese bei Verdrängung des Sehnerven medianwärts in nächsthöherem Grade nachgezogen wird.

Doch wird die Wirkung auf diese Membran noch bedeutender sein als auf die vorhergehende. Letztere löst sich, wie wir gesehen haben, bei stärkerer Streckung von der innern Scheide einfach ab, während erstere, wegen ihrer festen Anheftung an die Chorioidea und besonders an den optischen Nerven durch die Lamina cribrosa, dieses nicht kann, sondern jeder Verschiebung desselben, und wenn sie noch so klein ist, nachfolgen muss. Diese also und mit ihr die Chorioidea werden die stärkste Streckung und Dehnung erfahren. Keiner solchen wird dagegen die Netzhaut und die an ihr haftende Pigmentepithelschicht ausgesetzt sein, denn wenn auch der Sehnerv mit seinem intraocularen Ende eine Drehung um eine verticale Axe machen sollte, so wird sein innerster Theil sich dem auf der Seite der Macula lutea gelegenen Retinaltheile eher nähern als sich von ihm entfernen, und macht er eine solche Drehung nicht, so wird er sich diesem Retinaltheile zwar nicht nähern, sich aber auch nicht von ihm entfernen.

In diesen Verhältnissen liegt also wohl der Grund für die Entstehung der Coni, für die Dehnungsatrophie (eventuell selbst Losreissung) der Chorioidea und Sklera, die Entstehung von Sclerectasia posterior, wenn die Dehnung bedeutender wird; die mitunter vorkommende scheinbare Rückwärtsdrängung und Excavation (vgl. Donders, Refractions- und Accommodationsanomalien pag. 300) des äussern Theiles der Opticusscheibe und die dadurch umgekehrt mitunter veranlasste Hineindrängung des optischen Nerven in's Auge an seiner medianen Seite und Verschiebung der Netzhaut[1]); der Grund ferner für durch diese Axendrehung hervorgerufene und nicht selten dabei beobachtete Verkürzung des Querdurchmessers und scheinbare Verlängerung des Längsdurchmessers der Opticus-

---

[1]) Vgl. Jäger, l. c. pag. 66.

scheibe[1]); endlich auch noch der Grund für die Abwesenheit nachweisbarer Dehnungserscheinungen der Retina, an welcher das Pigmentepithel bei Dehnungen der Chorioidea, welche so zu sagen unter ersterem hinweggezogen werden kann, hängen bleibt und das Auftreten von Metamorphopsie erst dann, wenn Sclerektasie eingetreten ist, durch welche eine Dehnung der Netzhaut und damit gleichzeitig Verschiebung ihrer Elemente und ihres Pigmentepithels entstehen kann und muss.

Einfacher erworbener Conus (vom angeborenen werde ich noch Gelegenheit haben zu sprechen) ohne Veränderung der Refraction, erworbene Myopie, d. h. Axenverlängerung (partiell oder total) des Bulbus ohne Conus, erworbene Myopie, d. h. Axenverlängerung mit Conus, endlich Myopie mit höhergradigen Veränderungen in der Chorioidea und selbst Retina und Macula lutea, diese sämmtlichen Erscheinungen und Veränderungen lassen sich auf Verdrängung des Sehnerven medianwärts zurückführen.

Der Grad dieser Veränderungen wird dann von dem Grade der Verdrängung, der Grad der Verdrängung aber von dem Bau des Auges und der Orbita abhängen.

Den einfachen Conus kann man sich dadurch entstanden denken, dass durch Verdrängung des Sehnerven medianwärts bei Convergenzbewegungen des Augapfels die Chorioidea und die mit ihr hier fest verwachsene Sklera angezogen, mitgezogen und auf diese Weise allmälich gedehnt wird.

Diese Dehnung muss in derjenigen Richtung oder derjenigen Ebene am Stärksten sein, in welcher der stärkste, anhaltendste und zugleich am Häufigsten wiederkehrende Druck auf den Nerven stattfindet.

Da nun aus meinen Experimenten hervorgeht, dass ein Druck des M. R. externus auf den Sehnerven, besonders beim emmetropen Auge, schon bei sehr geringen Convergenzgraden eintritt, so ist die Möglichkeit eines anhaltenderen Druckes, wenn auch nicht des intensivsten, dann gegeben, wenn längere Zeit hintereinander auf einen nahe gelegenen Gegenstand gesehen wird, und dieses wird

---

[1]) Vgl. Liebreich. Arch. f. Ophth. Bd. VII. 2. p. 124 und Atlas d. Ophthalmoskopie. Berlin 1863. Taf. 6.

besonders beim Lesen, Schreiben od. A. dergleichen der Fall sein, wobei die Blickebene zugleich etwas gesenkt ist.

Bei gesenkter Blickebene aber hebt sich der hintere Pol des Auges und mit ihm der Sehnerv, und so wird bei gleichzeitiger Convergenz nicht sowohl auf den äusseren Theil des Sehnerven als vielmehr auf den aussen und etwas abwärts gelegenen Theil desselben ein Druck ausgeübt und eine Verdrängung des Nerven ebenfalls mehr in der Richtung von aussen unten nach innen oben als horizontal von aussen nach innen erfolgen müssen.

In demselben Sinne wird demnach auch die Dehnung der Chorioidea zu Stande kommen, und so lange die letztere nicht atrophisch, so wird auch nur sie für uns sichtbar und von der Dehnung der Sklera nichts zu sehen sein, die Netzhaut aber und das an ihr haftende Pigmentepithel an ihrem Platze bleiben und die Chorioidea förmlich unter dem letzteren hinweggezogen werden.

Nicht selten ist die Form der pigmentfreien Stelle eine solche, dass es aussieht, wie wenn hier früher der Sehnerv, resp. die Opticusscheibe gestanden hätte. Und in der That kann durch dieselbe die Form des äussern Theils dieser Scheibe wiedergegeben werden, denn ein Zug an der Chorioidea wird ja nur an allen denjenigen Punkten erfolgen, welche der äussern Peripherie des Sehnerven anhaften, das herangezogene Stück der Chorioidea wird demnach der Form der äussern Opticusperipherie in vielen Fällen wirklich entsprechen und eine Mondsichel und einen Conus darstellen können, der je nach dem Zeitpunkt, in welchem er zur Beobachtung kommt, die verschiedensten Nüancen vom Roth der Chorioidea bis zu der Silber- oder Perlmutterfärbung der gänzlichen Atrophie haben kann.

Es kann eine einzige Sichel oder es können mehrere Sichelstufen vom Sehnervenrande hinweg bis zum normalen Chorioidealgewebe vorhanden sein, von welchen jede wieder als ein frischer Nachschub zu betrachten ist. Die am Meisten atrophische Sichel liegt dann zunächst dem Nervenrande, während jede folgende ein weniger vorgerücktes Stadium der Atrophie bis zur noch völlig gesunden Chorioidea darstellt. Dass bei der Verschiebung der Chorioidea unter dem Retinalpigment leicht auch Pigmentzellen verschoben werden, welche dann am Sehnervenrande oder innerhalb

der Coni oder an der Uebergangsstelle der Coni in die normale Chorioidea liegen, ist leicht erklärlich und hat an und für sich nichts zu bedeuten.

Der Gipfel des Conus oder der Coni ist in der grossen Mehrzahl der Fälle gegen die Macula lutea gerichtet, und zwar häufig in einer horizontalen Ebene nach aussen, öfter jedoch etwas abwärts gekehrt, weil eben in dieser Richtung ungefähr die Verdrängung des Sehnerven durch den M. R. externus, folglich auch der Zug des erstern an der Chorioidea erfolgt; auch wird der Gipfel des Conus desshalb an dieser Stelle am Höchsten sein, und wenn zunehmend, auch in dieser Richtung wachsen, weil ein Zug an der Chorioidea gerade in dieser Richtung am Intensivsten wirken und daher die grösste Dehnung hervorrufen muss; dieses um so mehr, weil wegen der festeren Anheftung der Chorioidea an die Sklera an der Stelle der Macula lutea, von dieser Seite her am Wenigsten Nachgiebigkeit der Chorioidea bei einem am Sehnervenrande auf sie ausgeübten Zuge zu erwarten ist.

Die Grösse, welche der Conus erlangen kann, wird einerseits von dem Grade der Dehnbarkeit der Chorioidea, andererseits davon abhängen, ob, selbst bei allmäliger Verdrängung des Sehnerven medianwärts, dennoch ein Druck auf denselben in derselben Richtung fortdauern kann oder nicht.

Ohne Zweifel werden in vielen Fällen die durch Verdrängung des Sehnerven auf rein mechanische Weise hervorgebrachten Veränderungen mit der Bildung eines Conus ihren Abschluss finden, ohne dass durch die einfache Dehnung der Chorioidea, mit welcher häufig nur sehr geringe Umwandlungen in derselben verbunden sind, Störungen im Sehen hervorgerufen werden. Jedoch wird sich immerhin der Flächenraum der Chorioidea um so viel vergrössern als der Conus beträgt. Diese Vergrösserung wird auf zwei Arten compensirt werden können, entweder dadurch, dass der Sehnerv eine schiefe Richtung annimmt, wie z. B. in Fig. 41 in Stellwag's Augenheilkunde (3. Aufl.), und wie Becker sie, für das schon myop gewordene Auge, an Zeichnungen nach der Natur am Heidelberger Congresse im Jahre 1874 (vergl. Zehender's Klin. Monatsblätter. Bd. XII. p. 425) demonstrirt hat, oder dadurch, dass die ganze Innenfläche des Augapfels, und besonders die hintere Augapfelwand an Fläche gewinnt; in letz-

terem Falle ist das Sichtbarwerden einer Mondsichel nicht nothwendig. Es ist aber auch denkbar, dass beide Compensationen gleichzeitig vorkommen. Jedenfalls wird die Flächenvergrösserung des hintern Augenpoles trotz Nachrücken der Netzhaut eine so geringfügige sein, dass eine Axenverlängerung des Bulbus aus der Veränderung der Refraction kaum nachweisbar ist.

Die Zeit der Entstehung eines Conus wird an keine besondere Lebensperiode gebunden sein; dagegen wird er sich dann am Ehesten entwickeln können, wenn der Sehnerv anhaltend und immer von Neuem einem Drucke und einer Verdrängung, und wenn sie noch so gering wäre, ausgesetzt ist.

Dabei ist es wohl möglich, dass Chorioidea und Sklera einem Zuge lange Zeit Widerstand leisten, sodass vielleicht erst in späteren Jahren eine Dehnung und Heranziehung der Chorioidea zu Stande kommt.

In andern Fällen werden jedoch die Folgen anhaltender und immer wiederkehrender Zerrung viel bedeutender sein. Da die Wirkung derselben sich ziemlich weit nach aussen gegen den Aequator hin verfolgen lässt, so kann eine auf ein kleineres oder grösseres Gebiet sich erstreckende Dehnung der Chorioidea und Sklera zu Stande kommen. Das Resultat dieser Dehnung wird um so beträchtlicher ausfallen, wenn die äussere Opticusscheide sich von der innern abgelöst hat und je grösser der Subarachnoidalraum auf der Aussenseite nach Tiefe und Breite geworden ist, denn dann sind es nur noch die Netzhaut, die Chorioidea und die verhältnissmässig dünne innere Opticusscheide resp. das innere Dritttheil der Sklera, welche dem intraocularen Drucke zu widerstehen haben.

Sind nun diese beiden letzteren Membranen in Folge Dehnung gar noch auf dem Wege der Dehnungsatrophie begriffen, so dürfte es nicht schwer fallen zu verstehen, weshalb Sklerektasia posterior gerade die Aussenseite des N. opticus und den hintern Augenpol zu befallen pflegt und sowohl partielle als auch totale Ektasien aller Arten und Grade entstehen können, je nachdem sich Dehnung und Streckung mit consecutiver Atrophie nur auf kleinere Bezirke oder vielleicht auf den grösseren Theil des hintern Augapfelabschnittes verbreitet haben werden.

Dabei sind zwei Möglichkeiten denkbar. Es kann eine Dehnung der hintern Augapfelwand ohne oder mit Conus sich entwickeln. Letzteres ist das häufigere Vorkommniss. In diesem Falle kann der Conus vor der Entwicklung der Sklerektasie oder erst nach derselben entstanden sein.

Entwickelt sich Axenverlängerung des Augapfels ohne Conus, so muss angenommen werden, dass die Chorioidea aus irgend welchen anatomischen Gründen vom optischen Nerven nicht in der Art unter dem Pigmentepithel weggezogen wurde, dass dadurch eine Blosslegung der Chorioidea erfolgen konnte; Chorioidea und Sklera werden dabei aber gleichwohl auf eine grössere Strecke gedehnt werden, und mit dieser Dehnung gleichen Schritt haltend kann natürlich nicht ein Vacuum entstehen, sondern wird der Inhalt des Auges der Vergrösserung seines Binnenraumes nachfolgen und sich vermehren müssen. Dieser Flächenvergrösserung nach hinten muss nothwendiger Weise die Retina mit der Pigmentepithelschicht folgen. Diese beiden werden sich daher ebenfalls dehnen, die lichtpercipirenden Netzhautelemente werden auseinanderweichen und je nach der Richtung des Zuges der unterliegenden Chorioidea und der hauptsächlichen Richtung der Bulbusausdehnung mehr nach der einen oder nach der andern Seite hin gedrängt werden.

Gleichwohl kann das Pigmentepithel vielleicht während längerer Zeit eine ununterbrochene Schicht bilden, wenn auch die einzelnen Pigmentzellen einigermaassen auseinanderrücken, allein bei zunehmender Dehnung oder wenn die Pigmentschicht weniger fest als in anderen Fällen an den Retinaelementen haftet, werden Lücken in derselben entstehen, in welchen in unregelmässigen Formen die atrophische Chorioidea resp. Sklera weisslich durchschimmert.

Es werden dann an einzelnen Stellen grössere Zellhaufen beieinander liegen, an anderen keine mehr vorhanden sein, und es wäre selbst an die Möglichkeit zu denken, dass mit der Loslösung der Pigmentzellen (welche zwar von der Chorioidea ernährt zu werden scheinen) von den peripheren Netzhautelementen vielleicht ein theilweiser Zerfall eintritt, in Folge dessen nicht selten in solchen Fällen unregelmässig geformte Zellkörper und frei gewordene Pigmentkörner gefunden werden.

Die Axenverlängerung des Auges mit Conus hat ihre Entstehung keiner anderen Ursache zu verdanken als die Axenverlängerung ohne Conus.

Ein Unterschied wird nur darin bestehen, dass ausser der Skleral- und Chorioidealatrophie noch eine Verschiebung der Chorioidea unter der Retina hinweg medianwärts stattfindet, sodass dadurch ein Theil der Chorioidea resp. Sklera mondsichelförmig sichtbar wird.

Die Entstehung endlich eines Conus schon vor oder erst nach Entwicklung einer Sklerektasia posterior kann auf dieselbe Weise erklärt werden wie die bisherigen Vorkommnisse.

Dagegen ist es wahrscheinlich, dass eine Verschiebung der Chorioidea ohne Mitverschiebung des Pigmentepithels in dem einen Falle leichter und daher früher, im anderen Falle weniger leicht und daher später erfolgt, sei es, dass die Chorioidea in nächster Nähe der Opticusscheibe wegen festerer Verbindungen mit der Sklera durch Gefässe und Nerven, im einen Falle leichter, im anderen schwerer sich verschieben und dehnen lässt, sei es, dass im einen Falle leichter, im andern Falle schwerer eine bleibende Schiefstellung des Opticus eintritt.

In Bezug auf letsteres Moment, d. h. die Schiefstellung des Sehnerven, muss angenommen werden, dass in allen Fällen anfangs das intraoculare Ende desselben jedes Mal, nachdem die die Verschiebung des Sehnerven verursachende Convergenzstellung des Auges aufgehört hat, wieder in seine richtige und ursprüngliche Lage zurückkehrt. Für eine Anzahl von Fällen wird dieses auch immer so bleiben, in anderen dagegen wird der Sehnerv allmälig und bleibend eine Schiefstellung annehmen und bewahren, ohne dass dabei nothwendiger Weise die Opticusscheibe selbst im horizontalen Meridiane verkürzt erscheinen muss.

Tritt niemals Schiefstellung des Opticus ein, so wird vielleicht auch niemals ein Conus sichtbar werden und trotzdem eine Ektasirung des hintern Augapfelabschnittes durch Dehnung erfolgen können, tritt aber eine solche ein, so muss wohl fast ausnahmslos ein solcher auftreten, sei es, dass Ektasirung damit verbunden sei oder nicht.

Die Entstehung ringförmiger und solcher Coni endlich,

welche nicht an der Aussenseite des Sehnerven liegen, ist schwierig zu erklären. Es ist möglich, dass ein ringförmiger Conus dadurch zu Stande kommt, dass der Opticus, nachdem sein äusserer Theil bereits einigermaassen zurückgetreten, vielleicht selbst excavirt erscheint, allmälig in seiner Totalität, d. h. auch mit seinem medianen Theile sich zurückzieht, wozu eigentlich die Richtung des auf den Nerven wirkenden Druckes bei Verdrängung desselben medianwärts in gewissem Grade mitwirken könnte, ganz abgesehen von den Fällen, in welchen der Opticus durch Atrophie des hintern Bulbusabschnittes selbst nach hinten gedrängt werden kann.

Nach abwärts gelegene Coni könnte man sich dadurch entstanden denken, dass unter gewissen individuell vielleicht verschiedenen Verhältnissen bei Convergenz und gleichzeitig gesenkter Blickebene der Sehnerv nicht sowohl von unten aussen nach oben innen gedrängt wird, als vielmehr von unten nach oben, oder es wäre denkbar und zu untersuchen, ob abwärts gelegene Coni vielleicht besonders häufig bei Leuten gefunden werden, welche vermöge ihres Berufes gezwungen sind, oft und anhaltend nach oben zu sehen, wobei der Sehnerv durch den M. R. inferior, d. h. durch das zwischenliegende Fett nach oben gedrängt würde.

Nach oben liegender Conus könnte, freilich noch gezwungener, in entgegengesetzter Blickrichtung seine Erklärung finden, indem er möglicher Weise besonders häufig bei solchen Personen beobachtet würde, welche viel und stark nach abwärts sehen.

Obwohl bei dieser Blickrichtung nicht nur abwärts gesehen, sondern gleichzeitig stärker convergirt wird, wäre gleichwohl an die Möglichkeit einer Verdrängung des Sehnerven nach abwärts durch den M. R. superior zu denken.

Medianwärts gelegene Coni endlich entstehen vielleicht dadurch, dass bei Verdrängung des optischen Nerven nasalwärts, und wenn dabei eine Drehung des intrascleralen Opticusstückes um eine verticale oder von oben aussen nach unten innen laufende Axe (s. oben) stattfindet, der Zug des am Meisten peripher liegenden und daher am Stärksten temporalwärts sich drehenden Sehnervenstückes, an der auf seiner Medianseite liegenden Chorioidea so bedeutend ist, dass dadurch ein Conus sich entwickelt, wobei es sehr wohl vorkommen kann, dass gleichzeitig auch auf der temporalen Seite des Sehnerven ein Conus dadurch zu Stande kommt,

dass die Chorioidea durch den medianwärts verdrängten Nerven nachgezogen wird.

Der Mechanismus würde es wahrscheinlich erscheinen lassen, dass in solchen Fällen das temporale Chorioidealstück etwas nach hinten, das nasale Chorioidealstück etwas nach vorn, d. h. gegen das Innere des Augapfels gezogen würde; immerhin jedoch in so geringem Grade, dass Niveauverschiedenheiten mit dem Augenspiegel kaum nachweisbar wären.

Doch dieses sind nur Hypothesen.

Namentlich anatomische Untersuchungen werden dazu berufen sein auf manche hier noch nicht ganz erklärbare Verhältnisse ihr Licht zu werfen.

Ausser den genannten Veränderungen im hintern Augapfelabschnitte werden auch noch Veränderungen in der Macula lutea beobachtet.

Ophthalmoskopisch characterisiren sich dieselben vorzüglich durch Pigmentdefecte und Pigmentanhäufungen, Extravasate und das Auftreten eines schwarzen Fleckes in der Macula.

Klinisch durch Abnahme der Sehschärfe, subjective Lichterscheinungen, fliegende Mücken, eigenthümliche, meist stechende Schmerzempfindungen in Kopf, Stirne, Auge, auch Druck, Metamorphopsie. Anatomisch durch ein structurloses, gelatinöses Flächenexsudat zwischen Chorioidea und Retina, durchsetzt von Pigmenthaufen der verschiedensten Stadien des Zerfalls, neben ganz erhaltenen [vgl. Förster [1]), Sämisch [2]), Schweigger [3]), Donders [4]), Mauthner [5]), Stellwag [6]), Sichel [7]), Bergmeister [8]), Emilie Lehmus [9])].

---

[1]) Förster. Ophthalmologische Beiträge. Berlin 1862.

[2]) Sämisch. Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Leipzig 1862.

[3]) Schweigger. Zur pathologischen Anatomie der Chorioidea. Arch. f. Ophth. Bd. IX. Ab. 1. 1863.

[4]) Donders. Refractions- und Accommodationsanomalien etc. 1866.

[5]) Mauthner. Lehrbuch der Ophthalmoskopie. Wien 1868.

[6]) Stellwag. Lehrbuch der practischen Augenheilkunde. Wien 1870.

[7]) Sichel. Mémoire pratique sur la chorioidite circonscrite. Ann. d'Ocul. T. LXVII. 1872.

[8]) Bergmeister. Beiträge z. Beurtheilung d. Aderhautentzündung u. ihres Einflusses auf das Sehvermögen. Arch. f. Ophth. Bd. XX. Ab. 2. 1874.

[9]) Lehmus, E. l. c. pag. 173.

Nach der werthvollen Statistik letzterer Autorin über 220 Fälle von Maculaaffection, welche ihr von Horner zur Benützung überlassen worden sind, geht einerseits hervor, dass 81.4% dieser Fälle mit höchstgradiger Myopie von $^1/_{4^3/_4}$—$^1/_2$ behaftet waren, andererseits, dass die absolut und relativ höchste Frequenz im Alter von 40—50 Jahren gefunden wurde, und endlich, dass die grosse Mehrzahl der Fälle von Maculaaffectionen auf Personen fiel, welche ihre Augen anhaltend und anstrengend für nahe gelegene Gegenstände zu benützen hatten.

Es erscheint somit wahrscheinlich, dass meistens eine längere Zeit des verderblichen Einflusses der Opticusverdrängung nothwendig ist, um endlich Veränderungen auch in der Macula hervorzurufen, nachdem die Myopie oder Axenverlängerung selbst bereits einen hohen Grad erreicht hat, und es ist daher leicht begreiflich, dass erst in einem höheren Alter, und besonders bei Leuten, bei welchen durch die Art der Beschäftigung alle Gelegenheit gegeben ist, jene schädlichen Einwirkungen fortdauern zu lassen, die höchsten Procentzahlen hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens der Maculaaffection gefunden werden.

Bei allen Graden und Formen der Dehnung der hintern Bulbuswand muss es jedoch, ausser den bereits genannten consecutiven Veränderungen in den verschiedenen Schichten derselben, durch die Dehnung, Ausbuchtung, aber besonders durch die Verschiebung dieser Membranen zu einander und ihre Flächenvergrösserung, auch zu Lageveränderungen und anderen Veränderungen in den Arterien und Venen kommen, welche diese Schichten durchsetzen und werden solche bei der eigenthümlichen Anordnung des Ciliar- und Netzhautgefässsystems schon mit geringeren, um so mehr aber noch mit intensiveren und ausgedehnteren Veränderungen im hintern Augapfelabschnitte in mehr oder minder hohem Grade verbunden sein.

Stauungserscheinungen in arteriellen wie in venösen Gefässen, in der Sklera, Chorioidea, Netzhaut, Opticusscheibe, welche sich durch Hyperämie in der Papille, in den Netzhautgefässen etc., durch Compression, Obliteration von Gefässen, durch Extravasate geltend machen, werden daher eine natürliche Folge sein.

Und zwar mögen Circulationsstörungen und Veränderungen in den Gefässen in vielen Fällen vielleicht nicht nur auf die kurzen

hintern Ciliararterien beschränkt bleiben, sondern selbst auf die langen Ciliararterien, besonders auf die äussere sich ausdehnen, die ja, wie die mediane, im horizontalen Meridian verläuft, und daher Lageveränderungen u. A. ganz besonders ausgesetzt ist.

Ob Sklero-Chorioiditis aus Circulationsstörungen entstehen und diese ihrerseits zu solcher Gewebserweichung führen kann, dass daraus Axenverlängerung des Bulbus resultirt, ist noch nicht erwiesen, wenn auch die Möglichkeit nicht in Abrede zu stellen ist.

Dagegen dürfte solchen Circulationsstörungen mit einem gewissen Rechte die Entstehung von Glaskörpertrübungen zugeschrieben werden.

„Eine Ursache für das Eintreten von Glaskörpertrübung und zwar im hintern Abschnitte“, in Form von Flocken, Fäden und Membranen, welch letztere mitunter sogar mit der Papille deutlich zusammenhängen, indem sie an der Gefässscheide der Centralgefässe mittelst feiner Fäden befestigt in den Glaskörper hineinragen und vor der Papille hin- und herschwanken [Galezowski[1])], „scheint in der Localisation der chorioideal-atrophischen Heerde in der nächsten Nähe der Papille mit sichtlicher Circulationsstörung im Gebiete des Scleroticalgefässkranzes zu liegen etc.“ (Bergmeister. l. c. pag. 109.)

Zugleich mit den kurzen und langen hintern Ciliararterien, deren Verlauf sie folgen, treten auch die Nervi ciliares breves und longi in das Auge.

Sie liegen in der Suprachorioidea und in seichten Vertiefungen bis zum Orbiculus ciliaris. Erst an dieser Stelle treten sie in den Musculus ciliaris, die Iris und die Cornea.

Bei Dehnung der hintern Augapfelwand, Streckung der Skleralfasern und Verschiebung einzelner Schichten erscheint es daher nicht unwahrscheinlich, dass nicht nur die Gefässe dieser Gegend, sondern auch die daselbst verlaufenden Nerven denselben schädlichen Einflüssen unterliegen und Veränderungen eingehen werden.

Daher dürften vielleicht manche der subjectiven Empfindungen der Myopen auf mechanische Insulte dieser Nerven zurückzuführen sein.

---

[1]) Galezowski. Etudes sur les flocons du corps vitré. Ann. d'Ocul. Févr. et Mars 1864.

Ob auch die bei Myopen so oft erweitert gefundene Pupille und die eigenthümliche, man könnte fast sagen, Retraction des Ciliarmuskels auf ähnliche mechanische Einwirkungen zu beziehen sind, lasse ich vorläufig dahingestellt.

Eine wichtige Rolle spielt in manchen Fällen von Myopie noch der Accommodationskrampf.

Dass Viele diesem einen hauptsächlichen, wenn nicht fast ausschliesslichen Einfluss auf die Entstehung und Weiterentwicklung der Myopie zuschreiben, ist bekannt.

Das Vorkommen des Accommodationskrampfes ist eine Thatsache, eine andere Frage ist aber die Ursache seiner Entstehung und sind die Folgen seiner Wirksamkeit.

Man beobachtet Accommodationskrampf am Häufigsten in Fällen, wo ein geringerer Grad von Myopie besteht. Er ist nicht Ursache einer entstehenden, sondern Folge einer bereits enstandenen Myopie. Würde er Ursache der Myopie sein können, so müsste er bei emmetropen Augen oft beobachtet werden. Diesem widerspricht aber die Erfahrung, laut welcher Accommodationskrampf bei Emmetropen kaum je gefunden wird.

In der Myopie selbst, und zwar wahrscheinlich hauptsächlich in der sich entwickelnden und progressiven, muss daher ein Grund liegen für seine mitunter erfolgende Entstehung. Ob nervöse Individuen mehr zu demselben disponiren, als nicht nervöse, vermag ich nicht zu entscheiden. Mir scheint, man dürfte an mehrere Möglichkeiten denken.

Wer anfängt, myop zu werden, muss mehr als ein anderer, welcher schon lange myop ist, die Erscheinung veränderten Sehens empfinden. Gegenstände, welche er noch vor Kurzem auch auf grössere Entfernung deutlich und scharf gesehen, erscheinen ihm nunmehr undeutlich und verschwommen. Vielleicht liegt hierin ein Grund, dass er versuchen wird stärker zu accommodiren als wirklich nothwendig ist und kann dieses schliesslich zu Accommodationskrampf führen. Vielleicht ist es die nothwendig werdende Disharmonie zwischen Convergenz und Accommodation, indem er für denselben Convergenzgrad als Myope weniger zu accommodiren hat. Vielleicht ist es auch die bei Insufficienz der Interni nothwendig werdende höhergradige Anstrengung der Mm. Recti interni,

welcher entsprechend auch das Bestreben entsteht stärker zu accommodiren, nur müsste dann in der Mehrzahl der Fälle von Accommodationskrampf auch eine beginnende Insufficienz der Interni nachzuweisen sein. Eine andere Möglichkeit ist die, dass bei sich entwickelnder Axenverlängerung des Auges durch Dehnung der hintern Bulbuswand in Folge Verdrängung des Sehnerven medianwärts in manchen Fällen eine mechanische Reizung durch Zerrung oder Dehnung etc. der Ciliarnerven und vielleicht auf reflectorischem Wege eine abnorme unwillkürliche Contraction des Ciliarmuskels eintritt, womit zugleich nicht selten Schmerzempfindungen im Auge etc. verbunden sind (v. Gräfe's Reflexneurose).

Wahrscheinlich wirken aber für die Entstehung von Accommodationskrampf mehrere Momente zusammen.

Die unmittelbare, nothwendige Folge jedes Accommodationskrampfes wird, welche Ursache ihm auch zu Grunde liegen mag, grössere Convergenz sein. Indem aber stärker convergirt wird, unterliegt das Auge in um so höherem Grade dem schädlichen Einflusse der Sehnervenverdrängung, welche zu immer zunehmender Myopie Veranlassung gibt. Hierin liegt also ein wahrer Circulus vitiosus.

Der Accommodationskrampf ist eine Ursache für zunehmende Myopie, die zunehmende Myopie hinwiederum eine Ursache für Accommodationskrampf.

Nachdem wir nun die Ursachen und die Folgen der Sehnervenverdrängung kennen gelernt und schon früher gesehen haben, dass dieselbe bei allen Refractionsverhältnissen möglich ist, der Convergenzgrad dagegen, bei welchem dieselbe beginnt, abhängig ist einerseits von gewissen Abscissen- und Ordinatenlängen, andererseits von der Form des Auges und die letztere der Grund ist, dass, gleiche Abscissen- und Ordinatenlängen vorausgesetzt, das emmetrope Auge dieser Verdrängung am Meisten, das hypermetrope weniger und das myope am Wenigsten ausgesetzt ist, müssten, wenn unsere Experimente und Behauptungen richtig sind, die Häufigkeit und die Art und Grösse der Veränderungen, welche durch jene Verdrängung hervorgerufen werden können, in derselben Reihenfolge sich zunehmend erweisen, wenn auch manche Modifica-

tionen in Folge verschiedener Abscissen- und Ordinatenlängen hier einen Einfluss noch ausüben werden.

Und in der That liegt der Beweis für die Richtigkeit dieser Voraussetzung so zu sagen klar vor Augen. Denn das hypermetrope Auge zeigt erfahrungsgemäss die geringsten Veränderungen im hintern Bulbusschnitte und das emmetrope Auge wird, wenn es überhaupt emmetrop bleibt, vielleicht häufiger als das hypermetrope Auge auf den Einfluss der Verdrängung zu beziehende Veränderungen nachweisen lassen.

Da es nun wenig zweifelhaft ist, dass die Mehrzahl der emmetropen Augen, welche sich unter diesen ungünstigen Verhältnissen befinden, myop werden und jedenfalls alle diejenigen, welche myop geworden, vorher emmetrop gewesen sind, so ist der Beweis geleistet, dass emmetrope Augen entsprechend dem längeren und intensiveren Einfluss der Externuswirkung die grössten Veränderungen zeigen. Das myope Auge ist ja nicht als ein selbständiger Refractionszustand, sondern als ein Zustand zu betrachten, welcher in Folge jener Einwirkung erst geschaffen worden ist. Er ist also das Resultat jener Einflüsse. Der Grad der Myopie endlich, welcher entsteht, wird abhängen von der Länge der Fortdauer der Berührung, letztere aber einerseits davon, ob das Auge rasch jene Form erlangt, welche weitere Verdrängung des Sehnerven unmöglich macht, andererseits davon, ob von jeher schon bei geringen Convergenzgraden oder erst bei höheren eine Verdrängung stattfand. Im ersteren Falle werden die Gefahren der Berührung resp. Verdrängung länger, im letzteren weniger lang fortdauern.

Der erste und wichtigste Anstoss für Sistirung der progressiven Verlängerung der Augenaxe dürfte daher in der Myopie selbst zu suchen sein, insofern mit der Verlängerung des Auges die Volumszunahme seines hintern Abschnittes eine solche wird, dass die Möglichkeit der Verdrängung des Sehnerven medianwärts immer mehr schwindet, wie sich aus meinen Versuchen hinlänglich erwiesen hat.

Gleichwohl ist es keineswegs unwahrscheinlich, dass es Fälle gibt, wo der Verdrängungseinfluss des R. externus durch Veränderung der Bulbusform zwar aufhört, die Kurzsichtigkeit aber gleichwohl noch fortschreitet. In diesen Fällen muss daran gedacht werden, dass im gleichen Verhältniss, in welchem die Verdrän-

gungswirkung des Externus abnimmt, die Stütze, welche der Bulbus durch denselben erfährt, ebenfalls geringer wird und dadurch der durch die Verdünnung der hintern Bulbuswand einmal begonnene Ektasirungsprocess nicht aufhört, sondern lediglich durch den physiologischen intraocularen Druck stets weiterschreitet.

Angeborene Myopie endlich, beruhend auf angeborener Axenverlängerung des Bulbus, scheint mir noch nicht unzweifelhaft bewiesen, um so weniger, als bei Schuluntersuchungen fast niemals Schüler im Alter von 5—6 Jahren mit Myopie behaftet gefunden werden. Auch die Vererbung und das Angeborensein des Conus (vgl. Schnabel l. c.) sind Dinge, welche sorgfältigen und ausgedehnten Prüfungen unterworfen und namentlich durch anatomische Untersuchungen noch gestützt werden müssen.

Nach dem bisher Gesagten könnte man mit Recht glauben, dass ich die Entstehung und Weiterentwicklung jeder Kurzsichtigkeit auf die rein mechanische Ursache der Sehnervenverdrängung zurückzuführen geneigt sei, der hereditären Prädisposition zu Axenverlängerung durch verminderte Resistenz der Sklera aber wenig oder keinen Glauben schenke.

Allerdings scheint es mir nicht ungerechtfertigt so lange andere positivere Ursachen für die Erklärung dieser Verhältnisse uns zu Gebote stehen, das unbewiesene Territorium der hereditären Prädisposition mangelhafter Resistenzfähigkeit der Sklera so lange wie möglich zu meiden und dieselbe jedenfalls nicht als Thatsache, sondern so lange nur als Aushülfe zu betrachten, bis sie selbst entweder bewiesen oder andere bestimmtere Thatsachen an ihre Stelle gesetzt werden können.

Gleichwohl wäre es geradezu unverständig, wollte man die Möglichkeit der Vererbung gewisser Resistenzverhältnisse der Sklera als unmöglich in Abrede stellen. Es ist im Gegentheil sehr wahrscheinlich, dass die Sklera nicht bei allen Individuen dieselbe Beschaffenheit hat und daher gewisse individuelle Eigenthümlichkeiten vererbt werden mögen, allein die Grundursache für Entstehung und Weiterentwicklung der Myopie möchte vielleicht in den oben erörterten Momenten zu suchen sein.

Abgesehen davon nun, dass die von mir vertretene Anschauung über Entstehung der Myopie u. A. die Mehrzahl der über letztere gemachten Beobachtungen ziemlich ungezwungen und natürlich er-

klärt, fusst dieselbe zugleich einerseits auf gewissen bekannten Formverhältnissen des Bulbus, andererseits auf gewissen Maassverhältnissen, wie sie am menschlichen Schädel thatsächlich (vgl. I. und II. Theil) gefunden werden und am Lebenden folglich ebenfalls vorkommen müssen.

Da aber Maassverhältnisse, wie die hier in Betracht kommenden, von dem Bau des Schädels und speciell der Orbita abhängen und Eigenthümlichkeiten des Skeletts sich sehr leicht übertragen, so werden auch die für Verdrängung des Sehnerven durch den M. R. externus nothwendigen Maassverhältnisse und mithin auch die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer Myopie mit denselben oder ähnlichen anatomischen Veränderungen und Graden durch Generationen hindurch continuirlich oder sprungweise, auf einzelne oder auf alle Glieder einer Familie sich vererben können.

Einen innigeren Zusammenhang zwischen diesen Maassverhältnissen und dem Bau des Schädels, besonders zu Dolicho- und Brachycephalie, vermochte ich nicht zu finden, sodass ich aus meinen Schädelmessungen vorläufig den Schluss ziehen muss, dass Myopie, wenn sie wirklich, d. h. die Ursache derselben, in den von mir gefundenen Momenten beruhen sollte, bei allen Arten von Schädeln und zwar in ziemlich gleichem Verhältniss vorkommen wird, immerhin jedoch unter der Voraussetzung, dass hierauf bezügliche Untersuchungen nur dann miteinander verglichen werden, weil nur dann vergleichbar, wenn sie an Individuen vorgenommen werden, welche unter ähnlichen oder gleichen Verhältnissen und Bedingungen leben.

In inniger Beziehung zur Myopie steht endlich noch die Insufficienz der Mm. R. interni und bleibt daher über diese noch Einiges zu bemerken übrig.

Insufficienz der Mm. R. interni ist eine häufige, aber keineswegs constante Zugabe zu Myopie, auch steht die Häufigkeit ihres Vorkommens nicht in proportionalem Verhältniss zum Grade der Kurzsichtigkeit (v. Gräfe).

Sie kann als relativer oder absoluter Strabismus divergens vorkommen. Die eine wie die andere Form entsteht später

als der Strabismus convergens, und es scheinen beide an die Entwicklung von Myopie mehr oder weniger gebunden zu sein. Nach Donders (l. c.) wird ungefähr in zwei Dritttheilen der Fälle von absolut divergirendem und in etwa 90 % der Fälle von relativ divergirendem Schielen Myopie gefunden.

Donders betrachtet als Hauptursache der Insufficienz der Interni und des Strabismus divergens die Ausdehnung und veränderte Form des Augapfels, ferner einen kleineren Winkel α und grössere Entfernung des Bewegungscentrums des Augapfels von der hintern Fläche der Sclerotica [Donders und Doyer, vgl. auch Schürmann[1])].

Durch diese Momente sollen die Anforderungen an die Mm. R. interni bei Convergenzbewegungen wegen der beträchtlicheren Ausdehnung und Spannung des M. R. externus durch Volumszunahme des hintern und in manchen Fällen besonders auch äussern Bulbusabschnittes so gesteigert werden, dass, nachdem eine gewisse Zeit das Auge in Convergenzstellung erhalten worden, es durch Ermüdung der Interni in Divergenzstellung abgelenkt werde [relativer Strabismus divergens, musculäre Asthenopie (v. Gräfe)], während beim Sehen in die Ferne vollkommene Parallelstellung der Gesichtslinien bestehen könne, oder, dass es überhaupt nicht mehr im Stande sei, sich auch nur vorübergehend in irgend einer Stellung zu erhalten, sondern sofort in Divergenzstellung ablenke, resp. fortwährend in solcher verharre (absoluter Strabismus divergens).

In die Mitte zwischen beide Schielformen liesse sich diejenige stellen, bei welcher kein absoluter Strabismus divergens, aber auch kein relativer besteht, sondern wegen gut erhaltener Fusionsbreite eine Abweichung nur dann eintritt, wenn man in der Medianlinie ein Object successive nähert; beide Augen verfolgen dasselbe und erst bei einer Annäherung, z. B. auf 8, 6, 4 Zoll, erfolgt mit einem Male eine excursive Ablenkung des einen Auges um $1^1/_2$, 2, $2^1/_2$ oder mehr Linien.

„Das Auge scheint an dieser Stelle der Sehstrecke wie durch

---

[1]) Schürmann. Vergelykend onderzoek der beweginggen van het oog by Emmetropie en Ametropie. Utrecht 1863.

einen Krampf des M. R. externus nach aussen getrieben“ [von Gräfe [1])].

Der niedrigste Grad von Insufficienz der Interni — das sog. dynamische Schielen (v. Gräfe l. c.) — ist ein Schielen, welches unter gewöhnlichen Verhältnissen im Interesse des Einfachsehens überwunden wird und erst durch besondere Hülfsmittel nachgewiesen werden kann.

Donders und v. Gräfe [2]) haben darauf aufmerksam gemacht, dass auch eine Form von Strabismus convergens in genetischem Zusammenhange mit Myopie steht. Diese Fälle sollen ca. 2 % der Schielenden überhaupt betragen. Man findet bei diesen eine Myopie mittleren Grades von $^1/_{14}$—$^1/_6$ und ein entschiedenes Uebergewicht der Mm. R. interni wahrscheinlich in Folge von Verkürzung derselben durch Verlust an Dehnbarkeit (Donders. l. c. pag. 347).

Die günstige Wirkung der Strabotomie auf progressive Myopie bei latenten Divergenzformen erblickt v. Gräfe darin, dass durch die Rücklagerung des M. R. externus die Convergenz erleichtert werde, indem er annimmt, dass bei Divergenztendenz den innern Augenmuskeln eine abnorm erhöhte Convergenzanstrengung zufalle und dieser entsprechend eine unwillkürliche Accommodationssteigerung stattfinde, welche eine gewisse Form von Accommodationsspasmus im Gefolge habe, der seinerseits den Grad der vorhandenen Myopie grösser erscheinen und grösser werden lasse als er ist und war.

Mannhardt (l. c.) sieht die Ursache für Entstehung von Insufficienz der Interni in drei mechanischen Momenten, durch welche Convergenzbewegungen in einer Weise erschwert werden sollen, dass Insufficienz der Interni und dadurch Entwicklung der Myopie die nothwendige Folge seien.

Der Aufwand von Muskelkraft zur Erreichung von Convergenzstellung des Auges wachse erstens mit der Entfernung der Dreh-

---

[1]) v. Gräfe. Ueber die Operation des dynamischen Auswärtsschielens, besonders in Rücksicht auf progressive Myopie. Klin. Monatsblttr. v. Zehender. 1869.

[2]) v. Gräfe. Ueber die von Myopie abhängige Form convergirenden Schielens und seine Heilung. Arch. f. Ophth. Bd. X. Ab. 1. 1864.

punkte, welche bei Myopen stets grösser sei als bei Emmetropen und Hypermetropen, ferner mit der Entfernung der Ansatz- und Abrollungspunkte der Mm. R. interni und externi, welche mit Zunahme des Orbitalaxenwinkels zu Gunsten des Externus ausfalle, und endlich mit der Abnahme des Winkels, welcher ungefähr in umgekehrt proportionalem Verhältniss zu dem Grade der Myopie stehe, d. h. je grösser dieser um so kleiner und je kleiner dieser um so grösser sein soll.

Zwei bis drei dieser schädlichen Momente sollen stets zusammenfallen.

Nach meinen bis dahin gemachten Erfahrungen, Untersuchungen und Experimenten scheint es mir fast unzweifelhaft, dass jeder Art von Divergenzschielen, mit Ausschluss desjenigen, welches Folge von Lähmungen, Verletzungen, Neubildungen etc. ist, eine erschwerte Convergenz zu Grunde liegt, und dass diese Convergenz um so schwieriger wird je hochgradiger sie sein soll; daher auch um so schwieriger wird je höhergradig die Ansprüche an die Accommodation sind.

Es hat sich nun durch meine Versuche auf's Unzweifelhafteste erwiesen, dass drei Momente die Leichtigkeit oder Schwierigkeit der Bewegungen des Augapfels bedingen, nämlich einerseits die Form des Auges, andererseits der verdrängende Einfluss des M. R. externus auf den Sehnerven und endlich die Grösse der Abscissen- und Ordinatenlängen, letztere allein unabhängig von den beiden ersteren.

Was die Form des Auges anbelangt, so hat sich auf's Bestimmteste ergeben, dass die hypermetrope Form Convergenzbewegungen, wenn wir solche vorläufig allein in's Auge fassen, unter allen Umständen und Bedingungen am Meisten erleichtert, dass dieselben Bewegungen für emmetrope Augenform unter allen Umständen und Bedingungen mehr Kraft erfordern und dass endlich das myop gebaute Auge unter allen Umständen und Bedingungen beträchtlich mehr Kraft erheischt als jede andere Form.

Was die Externuswirkung betrifft, so hat sich ebenfalls auf das Unzweifelhafteste erwiesen, dass dieselbe bei jeder Bulbusform bei um so geringerem Convergenzgrade eintritt je grösser die Abscissen- und je kleiner die Ordinatenlänge ist und ausserdem bei der emmetropen Augenform, durch die Form des Auges be-

dingt, am Frühesten, d. h. bei geringeren Convergenzgraden als bei den andern Augenformen, bei hypermetroper Augenform erst bei etwas höheren Convergenzgraden und bei der myopen Form erst bei noch höheren Convergenzgraden sich geltend macht.

Es ist ferner bewiesen worden, dass Convergenzbewegungen durch die verdrängende Wirkung des M. R. externus auf den Sehnerven erschwert werden und, gleiche Convergenzgrade und gleiche Abscissen- und Ordinatenlängen vorausgesetzt, diese Erschwerung um so bedeutender ist, je geringer der Convergenzgrad ist, bei welchem diese Wirkung eintritt.

Da wir nun gesehen haben, dass die Externuswirkung beim *E* Auge am Frühesten auftritt, so müssten, wenn nur dieser Factor die Leichtigkeit oder Schwierigkeit der Convergenzbewegungen bedingen würde, für das *E* Auge Convergenzbewegungen am Schwierigsten und aus demselben Grunde für das *H* Auge leichter, für das *M* Auge am Leichtesten ausführbar sein. Dieses ergibt sich, wenigstens bei den höchsten Abscissenlängen, nicht nur aus den absoluten Werthen, welche als Kraftmaass zur Erreichung von Convergenzbewegungen gefunden worden sind, sondern auch aus der Grösse der Kraftdifferenz, wenn man die Kraftmenge ohne und diejenige mit Externuswirkung für verschiedene Abscissenlängen miteinander vergleicht, wobei ersichtlich wird, dass bei allen Abscissen- und Ordinatenlängen die Differenzen beim *E* Auge am Grössten sind und mit der Zunahme der Abscissenlängen am Meisten wachsen, beim *H* Auge geringer sind und weniger wachsen und beim *M* Auge am Geringsten sind und am Wenigsten wachsen.

So sieht man, dass Form des Auges und Externuswirkung bei den verschiedenen Bulbusformen keineswegs im gleichen Sinne erleichternd und erschwerend auf die Bewegungen des Augapfels einwirken, sondern das eine Moment die Convergenzdrehung manchmal erleichtert, das andere dieselbe erschwert od. A.

Beim *H* Auge fällt nur bei geringen Convergenzgraden einzig die Form in's Gewicht, da Externuswirkung nicht stattfindet und sind daher solche Convergenzbewegungen für dieses Auge absolut am Leichtesten ausführbar, bei höheren Convergenzgraden aber übt die Externuswirkung als die Convergenz erschwerendes Moment einen so grossen Einfluss, dass bei den höchsten Abscissenlängen der Kraftverbrauch des *H* Auges sich demjenigen des *M* Auges nähert.

Für das *E* Auge hat sich aus unsern Versuchen ergeben, dass dieses hinsichtlich seiner Form, mit andern Worten hinsichtlich durch dieselbe bedingter Erleichterung oder Erschwerung der Convergenzdrehung zwischen *H* und *M* Auge, ersterem jedoch bedeutend näher steht, in Bezug aber auf Externuswirkung dieser weitaus am Meisten ausgesetzt ist, sodass dieselbe bereits bei ganz niederen Convergenzgraden beginnt. Die Form an und für sich würde daher Convergenzbewegungen nicht beträchtlich erschweren, wohl aber die Externuswirkung. Gleichwohl hat sich herausgestellt, dass die die Convergenz erleichternde oder wenigstens nicht sonderlich erschwerende Form das Uebergewicht behält und nur bei den höchsten Abscissenlängen und zugleich niedersten Ordinatenlängen der Externuseinfluss so bedeutend wird, dass für diese der Kraftverbrauch des *E* Auges denjenigen des *H* und des *M* Auges um ein Bedeutendes übertrifft.

Für das *M* Auge endlich haben wir gefunden, dass seine Form Convergenzbewegungen niederen wie hohen Grades sehr erschwert und die Anforderungen an den M. R. internus daher ganz bedeutend grösser sind als beim *E* oder gar *H* Auge. Umgekehrt hat sich gezeigt, dass die Externuswirkung bei ihm später, d. h. erst bei höheren Convergenzgraden eintritt als beim *H* und *E* Auge, sodass aus diesem Grunde Convergenzdrehungen für das *M* Auge leichter sein würden als für andere Bulbusformen, woraus erhellt, dass beim *M* Auge die Form erschwert, die Externuswirkung erleichtert.

Es stellt sich nun aber auch bei ihm heraus, dass die Form des Bulbus einen überwiegenden Einfluss ausübt und daher niedere wie hohe Convergenzgrade für das *M* Auge den relativ grössten Kraftaufwand erfordern; die Externuswirkung macht sich bei ihm nur dadurch bemerkbar, dass die Zunahme des Kraftverbrauches mit Zunahme der Abscissenlängen langsamer wächst als beim *H* und *E* Auge, ja so langsam, dass bei den höchsten Abscissen- und niedersten Ordinatenlängen der Kraftverbrauch des *H* und des *M* Auges sich, wie wir oben gesehen haben, sehr nahe stehen, während das *E* Auge das *M* Auge weit übertrifft.

Von gewiss nicht zu unterschätzender Bedeutung für spätere Schlussfolgerungen sind ausser den soeben für Convergenz besprochenen die für Divergenzbewegungen gefundenen Verhältnisse.

Es hat sich für diese auf das Unzweideutigste erwiesen, dass Divergenzdrehungen um so mehr Kraft erfordern, je geringere Kraft die ihnen congruenten Convergenzbewegungen erheischen und um so weniger Kraft erfordern je grössere Kraft die ihnen entsprechenden Convergenzbewegungen nothwendig machen. *H* Augen zeigen daher den grössten, *E* Augen einen geringeren und *M* Augen den geringsten Kraftverbrauch, und während derselbe beim *H* Auge für Divergenzbewegungen sehr beträchtlich grösser ist als derjenige für Convergenzbewegungen ist beim *M* Auge der Kraftverbrauch für beide ziemlich gleich.

Der Internuseinfluss macht sich für Divergenzbewegungen in so geringem Grade und nur bei den stärksten Divergenzdrehungen geltend, dass von ihm ganz abgesehen werden kann und nur die Form des Bulbus in Betracht kommt.

Wenn ich bis dahin immer von der Form des Auges als die Drehungen desselben hauptsächlich erleichterndes oder erschwerendes Moment gesprochen habe, so geschah es nur, weil ich selbst auf diesem Wege zu meinen Resultaten gelangt bin und nur die Form des Bulbus bei meinen Versuchen im Auge hatte, ohne andere von derselben abhängige Momente, welche den wesentlichsten Einfluss auf die Grösse des Kraftverbrauches der M. R. interni und externi ausüben, in Betracht zu ziehen. Nachdem ich jedoch zu den besprochenen Resultaten gelangt war, fragte ich mich, in wie fern denn die Form des Bulbus (abgesehen von Abscissen- und Ordinatenlängen und Externuseinfluss) auf die Bewegungen desselben einen so grossen Einfluss üben könne. Es schien mir unannehmbar, dass lediglich die Form des s. z. s. in einem Kugelgelenke sich drehenden Bulbus so hochgradige Verschiedenheit im Kraftverbrauche der ihn bewegenden Muskeln hervorrufen könnte, — um so mehr, als in der Mehrzahl der Fälle nur die kleinere Hälfte des Auges in diesem weichen Kugelgelenke ruht, auch konnte ich bei Operationen oder am Cadaver nie die Ueberzeugung gewinnen, dass die einen Augäpfel leichter, die andern schwerer zu rotiren wären.

Anders aber wird sich die Sache freilich verhalten, wenn das lebendige Auge willkürlich Drehungen ausführt. Da dürften die Spannungsverhältnisse der Muskeln andere sein und jedenfalls diejenigen, welche eine Drehung des Auges hervorbringen, ange-

spannt und deren Antagonisten nicht erschlafft sein. Würden diese erschlafft sein, so müssten Drehungen nicht in jener gleichförmigen Weise erfolgen, wie es der Fall ist, sondern ruckweise.

Die Antagonisten werden daher jedenfalls in passiver Spannung, wahrscheinlich jedoch in einem solchen Grade activer Contraction sich befinden, dass die Kraftäusserung der sich zur Erzielung einer Drehung des Bulbus zusammenziehenden Muskeln mit einer gewissen Gleichförmigkeit geschehen kann.

Es ist nun sehr wahrscheinlich und wenigstens für mein Ophthalmophantomatrop bewiesen, dass im lebenden Auge Aufrollung und Abrollung der Antagonisten für den Kraftverbrauch der sich zusammenziehenden Muskeln eine grosse Rolle spielen.

Schon Mannhardt (l. c. pag. 82) machte auf diese Verhältnisse z. Th. wenigstens aufmerksam und erklärte, dass die Wirkung eines Muskels um so grösser sei je grösser die Entfernung der Ansatz- und der Abrollungspunkte, daher für die M. R. externi um so grösser sein müsse je grösser die Entfernung der Augendrehpunkte, und um so geringer je kleiner diese Entfernung. Er identificirte damit, dass je grösser der Winkel zwei ideal gedachter Axen sei, welche durch die Mitte der Orbitalöffnung und durch die Mitte der Foramina optica laufen, dieses um so günstiger für die Wirkung des M. R. externus ausfalle, weil dann der Abrollungspunkt dieses Muskels um so weiter von seinem Ansatzpunkte entfernt liege, und je kleiner dieser Winkel um so günstiger der Abrollungspunkt des M. R. internus gelegen und um so grösser daher dessen Wirkung sei.

Mit dem Mannhardt'schen Satze l. c. pag. 83 „und zwar fällt die Schädelformation, welche einer stärkeren Wirkung der Recti externi günstig ist, stets mit einer grösseren Entfernung der Drehpunkte beider Augen zusammen, ja es coincidirt sogar die Schädelform, welche hypermetropischen Bau des Auges bedingt, mit der geringsten Entfernung der Drehpunkte beider Augen und mit einer der vorwiegenden Wirkung der Recti interni günstigen Richtung der orbita, dagegen eine Neigung zum Langbau des Auges mit der entgegengesetzten Conformation“ kann ich mich jedoch nicht ganz einverstanden erklären, da sich dieses aus meinen Schädelmessungen keineswegs gesetzmässig ergeben hat und weil zum Vor-

handensein besonders günstiger Wirkung der M. R. externi gar nicht nur besonders grosse Entfernung und zu besonders günstiger Wirkung der M. R. interni keineswegs nur besonders kleine Entfernung der Augendrehpunkte nothwendig ist, sondern, abgesehen von der sehr in's Gewicht fallenden Form des Auges und der Externuswirkung (wenigstens bei Convergenzdrehungen), dieselben günstigen Verhältnisse sowohl für die Recti externi bei geringer Entfernung der Drehpunkte vorhanden sein können, wenn die Ordinatenlängen sehr kurz oder wenn die Scheidewand der Orbitae sehr schmal oder die Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica sehr klein ist als auch für die Recti interni bei grösserer oder grosser Entfernung der Drehpunkte, wenn die Ordinatenlängen sehr bedeutend oder wenn die Scheidewand der Orbitae sehr breit oder die Entfernung der Mittelpunkte der Foramina optica sehr gross ist.

Nachdem sich dann durch meine Untersuchungen erwiesen hatte, dass der Kraftverbrauch für Convergenz- und Divergenzdrehungen so sehr verschieden sei, konnte es für mich nicht mehr zweifelhaft sein, dass dieses von der Grösse der Abrollung und Aufrollung abhänge und daher Convergenzdrehungen um so leichter sein müssen je kleiner und um so schwieriger je grösser die Aufrollungsfläche des M. R. externus ist, und dass Divergenzdrehungen um so schwieriger sein müssen je kleiner und um so leichter je grösser die Abrollungsfläche des M. R. externus ist.

Da das *H* Auge dem M. R. externus am wenigsten, das *M* Auge dagegen demselben am meisten Fläche bietet, so kann es nicht mehr verwundern, dass auch wirklich (absehend von Externuswirkung und Abscissen- und Ordinatenlängen) Convergenzdrehungen für das *H* Auge am Leichtesten, für das *E* Auge schwieriger und für das *M* Auge am Schwierigsten und umgekehrt Divergenzdrehungen für das *H* Auge am Schwierigsten, für das *E* Auge leichter und für das *M* Auge am Leichtesten sind.

Nun lag es nahe zu denken, dass, weil mit Zunahme der Abscissenlängen für jede Bulbusform die Aufrollungs- und Abrollungsfläche oder -Strecke grösser wird, Convergenzdrehungen im gleichen Verhältniss schwieriger, Divergenzdrehungen dagegen leichter werden müssen.

Diese Voraussetzung bestätigt sich auch vollständig für höhere Convergenz- und alle Divergenzdrehungen. Nur für geringe

Convergenzbewegungen, wie sie nothwendig sind um die Augen aus Parallelstellung in solche Convergenzstellung zu bringen, dass ca. 24 Cm. vor dem Auge gelegene Gegenstände binocular gesehen werden können, ist das Umgekehrte der Fall und nimmt die Schwierigkeit der Convergenz ab statt zu. Es scheint nämlich für geringe Convergenzgrade der die Convergenz erschwerende und mit Zunahme der Abscissenlängen wachsende Einfluss der Externusaufrollung durch einen andern Einfluss nicht nur paralysirt, sondern übertroffen zu werden, und dieser Einfluss scheint für alle Bulbusformen in der Zugrichtung des M. R. internus zu beruhen, dessen Thätigkeit um so wirksamer wird, mit andern Worten, der um so weniger Kraft verbraucht je grösser die Abscissenlängen werden.

Mit diesem steht in vollständigstem Einklang die Zunahme des Kraftverbrauches des M. R. externus mit Zunahme der Abscissenlängen, um das Auge aus geringer Convergenz- in Parallelstellung zu bringen, indem hier statt einer Abnahme eine Zunahme des Kraftverbrauches des M. R. externus mit Zunahme der Abscissenlängen zu constatiren ist.

Bei hohen Convergenzdrehungen von 0^0—45^0 und allen Divergenzdrehungen von 0^0 auf 40^0 entspricht, wie oben gesagt worden ist, die Voraussetzung der Wirklichkeit. Entsprechend der mit Zunahme der Abscissenlängen immer wachsenden und die Convergenz daher erschwerenden Externusaufrollung nimmt der Kraftverbrauch des M. R. internus mit Zunahme der Abscissenlängen stetsfort zu, jedoch nicht einzig wegen dieser immer zunehmenden Aufrollung, sondern zugleich wegen der mit Zunahme der Abscissenlängen zu Erreichung höchster Convergenzgrade, entgegen dem Verhalten bei geringen Convergenzgraden, immer ungünstiger werdenden Zugrichtung des M. R. internus, dessen Abrollung vom Auge bei den höchsten Abscissenlängen Null wird, wozu noch der mit Zunahme der Abscissenlängen stets wachsende Einfluss des M. R. externus auf den Sehnerven kommt. Mit diesen Verhältnissen für Convergenz stehen diejenigen für Divergenz von 0^0—40^0 wieder in vollem Einklang.

Die Divergenzdrehungen werden um so leichter je grösser die Abscissenlängen werden, und zwar aus denselben Gründen, aus welchen Convergenzdrehungen immer schwieriger werden.

Mit Zunahme der Abscissenlängen nämlich wird die Berührungs-

strecke des M. R. externus mit dem Bulbus immer grösser und erfolgt die Drehung des letzteren je länger desto mehr nur durch Abrollung des M. R. externus von demselben, während umgekehrt die Berührungs- oder Aufrollungsstrecke des M. R. internus auf den Bulbus mit Zunahme der Abscissenlängen stets kleiner, seine Kraftentwicklung geringer und seine Zugrichtung immer ungünstiger wird.

So ist nun nicht mehr daran zu zweifeln, dass mit der Form des Auges die Aufrollungs- und Abrollungsverhältnisse der Augenmuskeln zu identificiren sind.

Und überblicken wir noch Ein Mal die bisherigen Ergebnisse unserer Untersuchungen, so kommen wir zu dem Resultate, dass vier Factoren die relative Leichtigkeit oder Schwierigkeit der Convergenz- und Divergenzdrehungen des Bulbus bedingen:

1) Abscissen- und Ordinatenlängen,
2) Form des Auges,
3) Aufrollungs- und Abrollungsverhältnisse der Augenmuskeln, abhängend von 1 und 2,
4) Externuseinfluss auf den Sehnerven, abhängend von 1 und 2.

Die Abscissen- und Ordinatenlängen etc. beeinflussen 2, 3 und 4, die Form des Auges beeinflusst 3 und 4 und die Externuswirkung kann die Form des Bulbus (2) beeinflussen.

In einem gegebenen Falle können alle oder nur einzelne dieser Factoren vorhanden sein und einen bestimmenden Einfluss auf die Bewegungen des Augapfels ausüben und im einen Falle sämmtlich im gleichen Sinne wirken, im andern Falle einander aufheben, in noch andern Fällen für ganz widersprechende, abnorme Verhältnisse wirksam sein.

Betrachtet man nun die Verhältnisse wie sie sich für das *E* Auge aus unsern Untersuchungen ergeben haben als die normalen, so müssen nothwendiger Weise die Verhältnisse, wie wir sie für das *H* und das *M* Auge gefunden haben, nicht normal, sondern abnorm sein. Für das hypermetrop gebaute Auge müssen daher Convergenzbewegungen abnorm erleichtert, Divergenzbewegungen aber erschwert und für das myop gewordene Auge Divergenzbewegungen abnorm erleichtert und Convergenzbewegungen abnorm erschwert sein. In dem relativen Kraftverbrauch zwischen Convergenz- und Divergenzdrehungen liegt

wahrscheinlich der wesentlichste Grund für die Erhaltung des Gleichgewichts zweier Antagonisten, wie auch in demselben der wesentlichste Grund für Aufhebung dieses Gleichgewichts liegen mag. Betrachtet man das relative Kraftmaass des *E* Auges als das normale, so liegt es gewiss nahe anzunehmen, dass gerade in dem Missverhältniss des Kraftverbrauches zwischen Convergenz- und Divergenzdrehungen der häufigste und wesentlichste Anstoss für Störungen des Muskelgleichgewichts zu suchen ist. Ich möchte es daher auf Grund meiner Untersuchungen und der daraus hervorgegangenen Resultate für sehr wahrscheinlich halten, dass in den besprochenen Momenten die Ursache für die Entstehung des Strabismus convergens beim hypermetropen Auge und für die Entstehung der Insufficienz der R. Interni beim myopen Auge zu suchen ist.

Beim hypermetrop gebauten Auge kommt als die Convergenz begünstigendes Moment noch der grössere Winkel α und die stets abnorm erhöhte Accommodation hinzu.

Und in dem Umstande, dass die hypermetrope Form des Auges schon frühe, ja wahrscheinlich meistentheils angeboren vorhanden ist, dürfte das meist schon frühe, d. h. mitunter schon im ersten Lebensjahre, jedenfalls aber in den Kinderjahren erfolgende Auftreten des Strabismus convergens seine Erklärung finden.

Die Entstehung der Insufficienz der R. interni des myopen Auges fällt dagegen fast ausnahmslos in spätere Jahre, und zwar in diejenigen, in welchen höhere, selbst hohe und langdauernde Anforderungen an Accommodation und Convergenz gestellt werden, und sie tritt nicht plötzlich, sondern allmälig auf. Die Erklärung für diese Verhältnisse liegt nach den gemachten Untersuchungen nahe: Durch den verdrängenden Einfluss des M. R. externus auf den Sehnerven, welchem das emmetrope Auge, wie wir gesehen haben, am Meisten ausgesetzt ist, wird dasselbe myop und in Folge der veränderten Form des Augapfels entsteht Insufficienz der Interni.

Der verdrängende Einfluss des R. externus auf den Sehnerven kann also Ursache der Formveränderung des Bulbus, die Formveränderung selbst hinwiederum Ursache für Nachlassen oder Auf-

hören der Externuswirkung, für Sistirung also der Progressivität der Kurzsichtigkeit und zugleich endlich der hauptsächlichste Anstoss für Entstehung einer Insufficienz der M. R. interni von den geringsten Graden des dynamischen Divergenzschielens bis zum absoluten Strabismus divergens sein.

Es liegen somit der Entwicklung der Kurzsichtigkeit Ursachen zu Grunde, welche zu der Entstehung einer Insufficienz der M. R. interni ebenfalls mithelfen, aber es ist weder die Kurzsichtigkeit eine Folge der Insufficienz noch die Insufficienz eine Folge der Kurzsichtigkeit an sich, sondern nur der veränderten Form des Bulbus, wozu allerdings noch andere Momente concurriren können. Insufficienz der Interni wird daher entweder gleichzeitig mit dem Entstehen der Kurzsichtigkeit, oder erst nachdem dieselbe entstanden, oder in selteneren Fällen auch selbständig, ohne solche, sich ausbilden können.

Mit der Entwicklung der Kurzsichtigkeit oder Axenverlängerung des Auges gehen jedoch noch vier andere Momente einher, welche dazu Veranlassung geben können eine noch nicht entstandene Insufficienz leichter eintreten und eine bereits entstandene zu höheren Graden gedeihen zu lassen.

Es ist erstens das mit der Axenverlängerung des Auges immer kleiner Werden des Winkels α, welcher höhere Convergenzgrade für gleich bleibende Entfernungen nothwendig macht, zweitens die Volumszunahme des Bulbus nach hinten oder hinten aussen, welche bei Convergenzbewegungen des Auges zu einer leichten Verdrängung und daher Spannung des M. R. externus Veranlassung geben kann und Convergenzbewegungen überhaupt erschweren wird, drittens die bei zunehmender Kurzsichtigkeit immer bedeutender werdende Disharmonie zwischen Accommodation und Convergenz, und viertens die durch den Grad der Kurzsichtigkeit bedingte und häufig noch durch Accommodationskrampf erhöhte Nothwendigkeit, zu betrachtende Gegenstände dem Auge zu nähern und dadurch noch stärker zu convergiren.

Nach dem Gesagten erscheint es daher erklärlich, wenn hohen Graden von Myopie auch vielfach hohe Grade von Insufficienz der Interni entsprechen, aber es liegt in der Natur der Sache, dass Myopie und Insufficienz gleichwohl nicht in proportionalem Grössenverhältnisse nothwendiger Weise und durch den Mechanismus be-

dingt zu stehen haben und selbst hohe Grade von Myopie ohne Insufficienz, ebenso wie hohe Grade von Insufficienz ohne hohe Grade von Myopie beobachtet werden können.

Vieles wird in dieser Hinsicht von dem Zusammentreffen oder nicht Zusammentreffen aller oder nur einzelner oder keiner der vier genannten und diese Verhältnisse bedingenden Factoren, Vieles aber sicherlich auch von der individuellen Widerstandskraft der sich gegenüberstehenden Muskeln abhängen und sind daher mannigfache Abweichungen von dem eigentlichen Schulbilde nicht nur zu erwarten, sondern selbst natürlich, sodass Coni und Insufficienz der Interni auch bei hypermetropen Augen getroffen werden können.

Alle Formen des divergenten sowohl wie des convergenten Schielens werden natürlich um so eher eintreten, je weniger am binocularen Sehacte gelegen ist, d. h. wenn beträchtlichere Refractionsdifferenzen bestehen, oder die Sehschärfe des einen oder des andern Auges in mehr oder weniger hohem Grade herabgesetzt ist.

Ich glaube jedoch, dass ein unter solchen Verhältnissen entstehender Strabismus, sei es ein divergenter oder convergenter, nicht immer in den oben genannten Momenten allein seine Ursache findet, sondern dass hier häufig die Richtung, in welcher ein Auge ablenkt, durch das gewiss vorkommende physische Uebergewicht des einen gegenüber dem andern Muskel mitbedingt ist.

Noch muss ich bemerken, dass, wenn auch Insufficienz der Interni in den von mir gefundenen mechanischen Verhältnissen ihr ursächliches Moment finden sollten, trotzdem Convergenzbewegungen des einen mit Divergenzbewegungen des andern Auges verbunden ganz gut möglich sein werden, da eine so kräftige Zusammenziehung des M. R. internus wie zum Seitenblick nothwendig ist, mechanische Hindernisse wie die genannten wohl überwinden wird.

Das ziemlich seltene Vorkommniss endlich von Strabismus convergens bei Myopie (2% nach Donders l. c.) dürfte vielleicht dadurch zu erklären sein, dass es geschehen mag, dass der M. R. externus durch die Dehnungen und Streckungen, welche er bei Verdrängung von Fett und Sehnerv medianwärts und endlich noch durch die Volumszunahme des Bulbus erfährt, schlieslich selbst

insufficient wird, und zwar um so eher, wenn der R. internus hinreichende Kraft besitzt, unterdessen nicht insufficient zu werden. Hiermit würde auch die mit Convergenzschielen bei Myopie nicht selten gleichzeitig beobachtete Excursionsbeschränkung des Auges nach aussen verständlich werden.

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass, durch die gegebene Erklärung der Entstehungsursache der Myopie, die mitunter günstige Wirkung einer Rücklagerung des M. R. externus bei dynamischem Auswärtsschielen gegen progressive Myopie, wie sie von von Gräfe (l. c., vgl. auch Gräfe „Motilitätsstörungen“ in Gräfe's und Sämisch's Handbuch der Augenheilkunde. 1875. Bd. VI. p. 200) empfohlen worden ist, leicht begreiflich wird.

Durch Rücklagerung des M. R. externus wird nämlich derselbe für die von ihm zu durchlaufende Strecke um so viel verlängert als die Rücklagerung beträgt. Dadurch wird nothwendiger Weise dieser Muskel den sich ihm bei Convergenzdrehungen entgegenstellenden Widerständen — Fett und Sehnerv — und er selbst diesen weniger Widerstand entgegenstellen als dieses zuvor der Fall war. Die durch ihn veranlasste Verdrängung des Sehnerven wird geringer werden oder selbst auf Null herabsinken, wodurch der die Axenverlängerung des Bulbus verursachende Einfluss der Opticusverdrängung nachlassen oder aufhören wird. In manchen Fällen wird dadurch progressive Myopie zum Stillstand gebracht oder ihr Fortschreiten wenigstens gehemmt werden können, in andern dagegen wird vielleicht der einmal durch Dehnungsatrophie begonnene Ektasirungsprocess des hintern Augenpols lediglich durch den physiologischen intraocularen Druck gleichwohl fortschreiten.

Alle Vorkehrungen und alle Mittel, welche gegen Kurzsichtigkeit u. A. empfohlen und angewendet werden, haben nach dem Gesagten ihre volle Berechtigung, sobald ihr Zweck richtig erkannt wird.

Ebenso ergibt sich, dass alle über die Entstehung der Kurzsichtigkeit aufgestellten Hypothesen in gewissem Grade mit den meinigen im Einklang stehen. Denn die Anhänger der hereditären und angeborenen Prädisposition, ebenso wie die Anhänger der Mannhardt'schen Theorie finden diese in den Grössenverhältnissen zwischen Abscissen- und Ordinatenlängen wieder; die Anhänger des Accommodationskrampfes in der da-

durch bedingten höhergradigen Convergenz; die Anhänger der Convergenztheorie in dieser selbst, nur nicht in den Momenten, welche sie dabei für schädlich halten; die Anhänger der von Hasner'schen Theorie des Sehnervenzuges in der Verdrängung des Sehnerven.

Strabismus convergens und Insufficienz der Interni.

Nachdem alle übrigen Untersuchungen vollendet waren und die vorhergehenden Bogen im Druck bereits vorlagen, suchte ich dem Mechanismus der Augenmuskeln noch einige weitere Gesichtspunkte abzugewinnen und namentlich eine physikalische Begründung für das bisher nur Thatsächliche zu finden.

Bei diesen neuen Untersuchungen ging ich von folgender Voraussetzung aus.

Das Auge kann, als Horizontalschnitt gedacht, eigentlich als feste Rolle aufgefasst werden, da der Drehpunkt desselben in allen Stellungen nahezu derselbe bleibt.

Würde ein Horizontalschnitt des Auges eine kreisrunde Scheibe sein, deren Drehungscentrum sich in ihrer Mitte befände, so würde das Auge für Drehungen in der Muskelebene des R. externus und internus unmittelbar mit einer solchen Rolle zu vergleichen sein. Da aber ein Horizontalschnitt des Auges keine kreisrunde Scheibe ist und namentlich das hypermetrope und myope Auge von dieser Form abweichen und sich weder beim *H*, noch beim *E* oder beim *M* Auge der Drehpunkt in deren Mitte, sondern excentrisch nach hinten befindet, so werden dadurch die Verhältnisse bereits modificirt und complicirt.

Immerhin können der M. R. externus und internus als zwei Kräfte P_e und P_i aufgefasst werden, welche von ihren Ursprungsstellen am Foramen opticum kommend und allmälig divergirend das Auge erfassen. Der Punkt ihrer ersten Berührung des Augapfels ist ihr Angriffspunkt und würden sie hier endigen und würde der Drehpunkt des Auges nicht nahezu unverrückbar sein, so

müssten sie das Auge bei gleicher Kraft und gleichzeitiger und gleichstarker Zusammenziehung nach hinten ziehen.

Würden wir die Kraftverhältnisse dieser beiden Muskeln genau kennen, so könnten wir aus der Richtung und Grösse der beiden Kräfte P_e und P_i mit Leichtigkeit ein Parallelogramm der Kräfte construiren und aus der Diagonale die Mittelkraft ihrer Richtung und Grösse berechnen.

Da uns diese Verhältnisse jedoch noch unbekannt sind, so berücksichtigte ich nur die Richtung und nahm für P_e und P_i diejenigen Längenmaasse an, welche ich bei meinen Untersuchungen für die verschiedenen Abscissen- und Ordinatenlängen gefunden hatte.

Es ergab sich, dass bei Parallelstellung der Gesichtslinien der Kreuzungspunkt der Diagonale des Parallelogramms bei *H*, *E* und *M* Augen und für alle Abscissen- und Ordinatenlängen im Centrum der Orbitalöffnung des Foramen opticum liegt, ferner dass in der Mehrzahl der Fälle die Diagonale das Drehungscentrum des Auges schläfenwärts lässt und dass endlich die dem Foram. opticum entgegengesetzte Spitze des Parallelogramms, welches um so länger ist je grösser die Ordinatenlänge, verschieden weit von einer Linie entfernt ist, welche vom Centrum des For. opt., resp. dem Kreuzungspunkt der Diagonalen aus parallel zu der Medianlinie des Kopfes gezogen wird.

Ich fand für die verschiedenen Bulbusformen *H*, *E* und *M* und für verschiedene Abscissen- und Ordinatenlängen folgende Werthe in Graden:

	H.	*E.*	*M.*
A. L. 10. O. L. 25	20°.5	21°.0	21°.0
„ „ „ 40	12°.5	13°.75	14°.0
A. L. 25. O. L. 25	45°.0	45°.0	47°.0
„ „ „ 40	31°.5	31°.75	32°.5

Aus diesen Zahlen geht zur Genüge hervor, dass

1) die gemeinschaftliche durchschnittliche Richtungslinie der M. R. externi und interni sich um so mehr von der Medianlinie des Kopfes entfernt, je grösser die Abscissen-

länge wird, innerhalb gleicher Abscissenlängen mit Zunahme der Ordinatenlängen sich derselben jedoch mehr und mehr nähert;

2) diese gemeinschaftliche Richtungslinie für *H*, *E* und *M* Augen zwar nicht sehr verschieden ist, immerhin jedoch beim *H* Auge am Wenigsten, beim *E* Auge mehr und beim *M* Auge am Meisten temporalwärts zu divergiren scheint.

In letzterem Momente liegt jedenfalls ein Grund für Begünstigung der Drehung des *M* Auges nach aussen, besonders gegenüber dem *H* Auge.

Würden, wiederhole ich nun, der M. R. externus und internus an ihren ersten Berührungspunkten des Augapfels ihr Ende finden, so müsste ihre Thätigkeit, gleiche Kraft beider vorausgesetzt, wegen der Unverrückbarkeit des Drehpunktes des Auges einzig darin bestehen, dasselbe in der einmal eingenommenen Stellung zu erhalten.

Dadurch jedoch, dass sie ihr Ende hier nicht finden, sondern bis zu ihren Insertionsstellen am Augapfel sich aufrollen, verwandelt sich ihre Thätigkeit in eine Rollbewegung des Augapfels um sein Drehungscentrum.

In Folge des Umstandes ferner, dass die Ursprungsstellen der in Frage kommenden Muskeln am Foramen opt. nach innen und hinten vom Augapfel beginnen, muss sich der M. R. externus, um zu seiner Insertionsstelle zu gelangen, auf eine grössere Strecke um den Augapfel herumschlingen als der R. internus, daher auf eine grössere Strecke an demselben aufgerollt sein. Aus demselben Grunde wird die Aufrollungsstrecke des M. R. externus um so grösser, diejenige des R. internus um so kleiner sein, je grösser die Abscissenlängen sind, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch mit Zunahme der Ordinatenlängen für den R. externus ab-, für den R. internus zunehmen (vgl. Tab. I.).

Um nahezu denselben Grad der Drehung des Auges nach aussen und nach innen bewirken zu können, ist es also bei der eigenthümlichen Richtung der Augenmuskeln zum Augapfel nothwendig, dass die Aufrollung des M. R. externus viel bedeutender sei als diejenige des R. internus.

Die Theorie der Rolle lehrt uns nun, dass die Grösse der Aufrollungsstrecke an einer solchen für die dieselbe drehende

Kraft keinen Nutzen bringt und dieselbe daher gleich gross ist bei langer wie bei kurzer Aufrollungsstrecke, dass aber die Drehung um so ergiebiger ist je grösser die Aufrollungsstrecke.

Ferner ist eine um eine unveränderliche Axe drehbare Rolle, wenn sie kreisrund ist und die Angriffspunkte der sie rotirenden Kräfte einander gegenüber, d. h. an den Endpunkten ihres Querdurchmessers liegen, mit einem geradlinigen zwei-, aber gleicharmigen, oder, wenn sie nicht kreisrund ist, mit einem geradlinigen zwei-, aber ungleicharmigen Hebel, oder, wenn die Angriffspunkte der die Rolle in Bewegung setzenden Kräfte einander nicht gegenüber liegen, je nachdem die Rolle kreisrund oder nicht kreisrund ist, mit einem gleich- oder ungleicharmigen Winkelhebel zu vergleichen, dessen Stützpunkt das unveränderliche Centrum derselben ist.

Damit nun eine kreisrunde Rolle durch zwei Kräfte im Gleichgewicht erhalten bleibe, ist Bedingung, dass Kraft mal Radius oder Hebelarm der einen Seite gleich sei Kraft mal Radius oder Hebelarm der andern Seite, oder

$$P \,.\, r = P, \,.\, r,$$

Bei einer kreisförmigen Rolle ist, da der Radius überall gleich ist, diese Bedingung auch wirklich erfüllt, wenn $P = P,$ ist. Würde aus irgend einem Grunde $P \gtrless P,$ werden, so würde das Gleichgewicht aufgehoben sein und die Rolle sich nach der Seite der grösseren Kraft drehen; damit dennoch Gleichgewicht erhalten bliebe, müsste $r \lessgtr r,$ werden.

Aehnlich sind nun die Verhältnisse beim Auge. In gleicher Weise wie eine Rolle lässt sich ein Horizontalschnitt eines Auges auffassen, dessen bewegende Kräfte der M. R. externus (P_e) und internus (P_i) sind. Der Stützpunkt dieser Rolle ist der Drehpunkt des Auges. Nur die Hebelverhältnisse sind etwas anders und complicirter.

Ob P_e und P_i gleichwerthig sind oder verschieden wissen wir nicht ganz bestimmt. Entweder ist gleicher Querschnitt, d. h. gleiche Kraft, also $P_e = P_i$, oder ein Ueberwiegen von P_i über P_e, also $P_i > P_e$ anzunehmen. So lange dieser Zweifel nicht gehoben, setze ich $P_e = P_i$. Damit ist also nur gesagt, dass die Fähigkeit Kraft zu entwickeln für den R. externus und internus

als gleich angenommen wird, das durch ihre Thätigkeit oder Contraction erreichbare Kraftmaximum für beide also gleich ist.

Was die Hebelverhältnisse anbelangt, so sind diese desshalb beim Auge, resp. dem Horizontalschnitt eines solchen, anders und complicirter als bei der kreisrunden Rolle, weil die zu P_e und P_i gehörigen Hebelarme fast ausnahmslos verschieden sind und ausserdem verschieden sind je nachdem es sich um ein *H*, *E* oder *M* Auge handelt, ferner je nach den Abscissen- und Ordinatenlängen und endlich mit der Stellung des Auges fortwährend wechseln, herrührend einerseits von der Excentricität des Drehpunktes, andererseits von der eigenthümlichen, von der Kreisform mehr oder weniger abweichenden Form besonders der hintern Hälfte des Augapfels.

Wie verschieden die Grösse der geradlinigen Verbindungen oder der Radien zwischen Drehpunkt des Auges und seiner Aussenfläche ist je nachdem es sich um ein *H*, *E* oder *M* Auge handelt und je nachdem dieselbe z. B. an der Insertionsstelle des R. externus und internus am Augapfel oder in der Nähe des Sehnerven gemessen wird, tritt am Deutlichsten hervor, wenn ich in den von mir nach Donders (l. c.) gewählten Horizontalschnitten des *H*, *E* und *M* Auges die eine Cirkelspitze in den Drehpunkt des Auges setzt und mit der andern das Eine Mal einen Kreis mit dem Radius der Entfernung zwischen Drehpunkt und Insertionsstelle des R. externus, das andere Mal einen Kreis mit dem Radius der Entfernung zwischen Drehpunkt und Insertionsstelle des R. internus ziehe.

Um Verwechslungen vorzubeugen, will ich gleich hier erwähnen, dass ich im Folgenden überall mit r_e jede Senkrechte bezeichne, welche vom Drehpunkt des Auges auf die jeweilige Richtungslinie des sich auf der Temporalseite des Auges auf- oder abwickelnden M. R. externus, mit r_i jede Senkrechte, welche vom Drehpunkt des Auges auf die jeweilige Richtungslinie des sich auf der Nasalseite des Auges auf- oder abwickelnden R. internus gefällt wird und mit r'_e und r'_i speciell die Senkrechten auf die Richtungslinie des Angriffspunktes des R. externus (P_e) und internus (P_i) und mit r''_e und r''_i die Senkrechten auf die Richtungslinien der Insertionsstellen des R. externus (P_e) und internus (P_i) am Augapfel.

Bei einer Totallänge nun des *H* Auges von 20 Mm., Entfernung des Drehpunktes vom Hornhautscheitel = 12.5 Mm.,

$r''_e = 11.5$ und $r''_i = 12.25$ Mm.,

einer Totallänge des *E* Auges = 22.5 Mm., Entfernung des Drehpunktes vom Hornhautscheitel = 13.5 Mm.,

$r''_e = 12.5$ und $r''_i = 12.25$ Mm. und

einer Totallänge des *M* Auges = 30.5 Mm., Entfernung des Drehpunktes von Hornhautscheitel = 17.5 Mm.

$r''_e = 15.25$ und $r''_i = 13.75$ Mm.

ergeben sich bei obigem Versuche folgende Verhältnisse:

a) *H* Auge. Zieht man vom Drehpunkte des Auges aus einen Kreis mit Radius $r''_e = 11.5$ Mm., so entfernt sich diese Kreislinie auf der temporalen Seite des Auges fortwährend von demselben, von ca. 60° an jedoch wegen der zunehmenden Abflachung des *H* Auges auf seiner hintern Seite in noch höherem Grade und erreicht neben dem Sehnerven eine Distanz von ca. 4.25 Mm. vom hintern Pole des Auges. Zieht man einen gleichen Kreisbogen auf der Nasalseite des Horizontalschnittes mit Radius $r''_i = 12.25$ Mm., so schneidet er denselben zuerst in einer Ausdehnung von ca. 30°; die Höhe oder der Pfeil dieses Segmentes beträgt ca. 0.5 Mm., von r''_i hinweg wächst also der Radius bis ca. 15° und verlässt den Augapfel erst nach ferneren 15°, um dann gleich wie r''_e sich je länger desto mehr von der Bulbuswand zu entfernen; auf der Nasenseite des Sehnerven steht dann der Kreisbogen ca. 4 Mm. von der hinteren Wand des Augapfels ab.

b) *E* Auge. Dieses nähert sich mehr als jede andere Bulbusform dem Kreise, resp. der Kugel; Radius r''_e und r''_i differiren daher auch in unserem Modelle nur um 0.25 Mm. Zieht man vom Drehpunkt des Auges aus einen Kreisbogen mit Radius $r''_e = 12.5$ Mm., so entfernt sich derselbe bis an die Schläfenseite des Sehnerven ziemlich regelmässig und erreicht dort wegen der auch beim *E* Auge bestehenden mehr oder weniger bedeutenden Abflachung der hintern Augapfelseite und der Excentricität des Dreh-

punktes, eine Distanz von ca. 3.5 Mm. vom hintern Augenpol.

Zieht man einen Kreisbogen mit $r''_i = 12.25$ Mm. auf der Nasenseite des Auges, so schneidet derselbe zuerst ein äusserst schmales, kaum messbares Segment in einer Ausdehnung von ca. 50^0 ab um sich von da hinweg immer mehr vom Auge zu entfernen. Seine Distanz vom hintern Augenpol an der Nasenseite des Sehnerven beträgt ca. 2—2.5 Mm.

c) *M* Auge. Die eigenthümliche Birnform des myopen Auges in Folge deren, entgegen dem *H* und dem *E* Auge, sein Längen- und sein Diagonaldurchmesser grösser sind als sein Querdurchmesser, ruft einige Besonderheiten hervor.

Zieht man vom Drehpunkt des Auges aus einen Kreisbogen mit Radius $r''_e = 15.25$ Mm., so entfernt sich derselbe wegen der vorzüglich in seiner Längenaxe stattgehabten Volumszunahme des Auges, welche eine mehr oder weniger bedeutende Abflachung seiner Seiten zur Folge hat, sehr rasch und auffallend von der Bulbuswand und erreicht bei ca. 60^0 von r''_e hinweg das Maximum seiner Entfernung mit ca. 2.5—3 Mm., von wo an er sich bis an die Schläfenseite des Sehnerven der Bulbuswand bis auf 1.5 bis 2 Mm. wieder nähert.

Zieht man auf der Nasenseite des Horizontalschnittes einen Kreisbogen vom Drehpunkt des Auges aus mit Radius $r''_i = 13.75$ Mm., so entfernt sich derselbe ziemlich regelmässig vom Auge bis zu ca. 70^0, wo die Entfernung ca. 2 Mm. beträgt, um von da hinweg bis an die Nasenseite des Sehnerven wieder abzunehmen und zwar bis auf ca. 0.75—1 Mm.

Das wahrscheinlich für fast alle Augen mit mehr oder weniger bedeutenden Schwankungen gültige Resultat dieser Untersuchungen ist zunächst das, dass bei *E* Augen r''_e ziemlich gleich ist r''_i, bei *H* Augen r''_i ziemlich grösser ist als r''_e und bei *M* Augen r''_e ziemlich grösser ist als r''_i und ferner bei allen Augen mit geringen Modificationen die Grösse von r_e und r_i von vorn nach hinten ab-, d. h. von hinten nach vorn zunimmt.

Ziehen wir nun zuerst die Verhältnisse in Betracht, wie sie sich bei derjenigen Stellung der Augen darbieten, welche wir als

Parallelstellung der Gesichtslinien zu bezeichnen pflegen, eine Stellung, welche ich stets als Ausgangspunkt für alle übrigen Stellungen annehme.

Die geradlinige Verbindung zwischen erster Berührungsstelle des Augapfels durch den M. R. externus (P_e) oder dessen Angriffspunkt stellt so, analog den Verhältnissen bei der Rolle, den einen Hebelarm (r'_e) und die geradlinige Verbindung zwischen Drehpunkt und Angriffspunkt des M. R. internus (P_i) den andern Hebelarm (r'_i) dar. Dabei darf nicht vergessen werden, dass nicht die wirklichen oder physischen Hebelarme, d. h. die geradlinigen Verbindungen zwischen Angriffspunkt des Muskels am Augapfel und dessen Drehpunkt, sondern die von letzterem auf die Richtungslinien der Kräfte gefällten Senkrechten die wirkliche Grösse der Hebelarme darstellen.

Ich fand bei Parallelstellung der Gesichtslinien für Abscissenlänge 10 und 25 und Ordinatenlänge 25 und 40 Mm. bei *H*, *E* und *M* Augen folgende Werthe für die Hebelarme r'_e und r'_i und zwar bedeuten die nicht eingeklammerten Zahlen die auf die Richtungslinien der Kräfte P_e und P_i gefällten Senkrechten, also die wirkliche Grösse der Hebelarme, und die eingeklammerten Zahlen die wirklichen oder physischen Hebelarme, also die geradlinigen Verbindungsstrecken zwischen Dreh- und Angriffspunkt:

	H.		*E.*		*M.*	
	r'_e	r'_i	r'_e	r'_i	r'_e	r'_i
A.L. 10. O.L. 25	9.75(10.5)	12.4 (12.25)	10.0 (10.25)	12.25(12.0)	12.4 (12.5)	12.0 (12.0)
„ „ „ 40	11.0 (11.2)	12.6 (12.5)	11.0 (11.4)	12.5 (12.25)	12.5 (13.0)	12.0 (12.0)
A.L. 25. O.L. 25	9.1 (9.5)	12.25 (12.5)	9.25 (9.3)	12.0 (12.25)	13.0 (13.25)	12.75 (12.75)
„ „ „ 40	9.5 (10.6)	13.0 (13.0)	10.0 (10.25)	12.7 (12.5)	12.75 (12 5)	13.0 (13.2)

Die kreisrunde Rolle fanden wir im Gleichgewicht, wenn $P = P$, und weil $r = r$, oder

$$P \,.\, r = P, \,.\, r, \text{ war.}$$

Für das Auge resp. die Horizontalschnitte sind die Verhältnisse etwas anders.

Aus den vorhergehenden Zahlen geht unmittelbar hervor, dass bei *H* und *E* Augen der Hebelarm des M. R. externus (r'_e) kleiner

ist als derjenige des M. R. internus (r'_i), die Kraft P_e daher grösser sein muss als die Kraft P_i, dass aber bei *M* Augen der Hebelarm $r'_e > r'_i$, die Kraft P_e folglich $< P_i$ sein kann, um Gleichgewicht zu halten, woraus unmittelbar für *H* und *E* Augen günstigere Verhältnisse für den M. R. internus, für *M* Augen dagegen günstigere für den R. externus zu entnehmen sind.

Bei *H* und *E* Augen nimmt ferner die Grösse r'_e ab mit Zunahme der Abscissenlängen sowohl wie der Ordinatenlängen, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch zu mit Zunahme der Ordinatenlängen, was einer Zunahme des Kraftverbrauches des R. externus mit Zunahme der Abscissen, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch einer Abnahme mit Zunahme der Ordinatenlängen entsprechen würde.

Bei *M* Augen dagegen nimmt die Grösse r'_e zu mit Zunahme der Abscissenlängen, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch ebenfalls ab mit Zunahme der Ordinatenlängen. Je grösser also die Abscissenlängen werden, um so mehr fällt dieses zu Gunsten von P_e aus, r'_e wird grösser, P_e kann daher kleiner werden. Anders als r'_e verhält sich r'_i bei *H*, *E* und *M* Augen.

Bei *H* und *E* Augen ist $r'_i > r'_e$, bei *M* Augen dagegen $r'_i < r'_e$, bei *H* und *E* Augen folglich zu Gunsten von P_i, bei *M* Augen zu Ungunsten von P_i. Ferner wächst r'_i bei allen mit Zunahme der Abscissen- und Ordinatenlängen, sodass sich bei allen eine Bessergestaltung der Verhältnisse von P_i mit Zunahme dieser Distanzen herausstellt. Noch muss hervorgehoben werden, dass sowohl hinsichtlich der absoluten Grösse von r'_i, als auch hinsichtlich der Grössendifferenz zwischen r'_e und r'_i, das *H* Auge noch günstiger gestellt ist als das *E* Auge.

Aus diesen Verhältnissen ergibt sich daher auf das Unzweifelhafteste eine besondere Erleichterung für P_i des *H* Auges gegenüber P_e, nicht nur zu Erhaltung des Gleichgewichts, sondern, wenn daraus schon auf Drehbewegungen geschlossen werden darf, auch für Convergenzdrehungen, eine besondere Erleichterung für P_e des *M* Auges gegenüber P_i, nicht nur zur Erhaltung des Gleichgewichts, sondern auch für Divergenzdrehungen (vgl. hiezu Tab. III. über den Kraftverbrauch).

Gleiche Intensität des Nervenreizes auf die M. R. externi und interni und gleiche Kraftentwicklung derselben

vorausgesetzt, müsste daher in Folge der Hebelverhältnisse Gleichgewichtszustand beim *E* Auge in schwach divergenter Stellung bestehen, beim *H* Auge in Convergenzstellung, deren Grad von der Grösse der Differenz zwischen r'_i und r'_e ($r'_i > r'_e$), beim *M* Auge in Divergenzstellung, deren Grad von der Grösse der Differenz zwischen r'_e und r'_i, ($r'_e > r'_i$) abhängen würde.

Da sich nun die Augen nicht immer nur in solcher Stellung befinden, dass ihre Gesichtslinien der Medianebene des Kopfes parallel laufen, sondern ihnen im Gegentheil die Fähigkeit verliehen ist alle möglichen Stellungen einzunehmen, um das gesammte Gesichtsfeld zu durchforschen, so sind noch andere Stellungen des Auges zu berücksichtigen.

Indem ich mir jedoch die Untersuchung des Bewegungsmechanismus des Auges nur in seiner Horizontalebene, also in der Muskelebene der R. externi und interni zur Aufgabe gestellt habe, so werden fernerhin auch nur mit diesen Muskeln ausgeführte Bewegungen in Betracht zu ziehen sein. Haben wir einmal gefunden, dass diese auf Hebelgesetzen beruhen, so ist nicht anders als anzunehmen, dass auch jede übrige Stellung und Bewegung des Auges den nämlichen Gesetzen unterworfen ist.

Ausser dem bereits besprochenen Hebelsystem bestehen nun noch zwei andere; alle drei bilden jedoch schliesslich eigentlich nur ein einziges mit zahlreichen Modificationen.

Als solche kann man auffassen die zu den Insertionsstellen der Augenmuskeln gehörigen Hebelarme und ferner sämmtliche zwischen r''_e und r'_e und zwischen r''_i und r'_i und ausserdem noch alle zwischen r'_e oder r'_i gegen den Sehnerv zu gelegenen Radien, bis zu welchen die Anlegung der Augenmuskeln bei gewissen Stellungen des Auges überhaupt noch reicht.

Unter der Voraussetzung, dass die Wirksamkeit der Kräfte P_e und P_i an ihren Angriffspunkten r'_e und r'_i am Augapfel ihr Ende findet, können zwar die beiden Hebelarme r''_e und r''_i niemals gleichzeitig in Wirksamkeit treten, sondern kann höchstens bei vollständiger Abrollung des einen oder des andern der beiden Recti, bei Convergenz- oder Divergenzdrehungen, nur je der eine der beiden Hebelarme r''_e und r''_i mit einem zwischen r'_e oder

r'_i und dem Sehnerven gelegenen Hebelarme gleichzeitig arbeiten. Dürften wir jedoch annehmen, dass eine Zusammenziehung der Kräfte P_e und P_i nicht nur zwischen ihrer Ursprungs- und Ansatzstelle erfolge, d. h. nicht nur bis zu ihrem Angriffspunkte am Augapfel reiche, sondern sich bis zu ihrer Ansatzsehne am Augapfel ausdehne, so müssten allerdings beide Hebelarme r''_e und r''_i gleichzeitig in Thätigkeit treten können. Dass sich dieses wirklich so verhält ist sehr wohl möglich, um so mehr als es wahrscheinlich erscheint, dass der dem Muskel mitgetheilte Nervenimpuls sich auf die ganze Länge des Muskels, daher auch auf das am Auge aufgerollte Stück erstreckt, somit jeder Punkt der Bulbusfläche, welchen der Muskel berührt, einen neuen Hebelarm darstellen wird. Immerhin würden es jedoch nicht die Hebelarme r''_e und r''_i selbst sein, welche gleichzeitig wirksam würden, sondern diejenigen beiden Hebelarme, welche auf dem letzten noch contractilen Muskelstück, also kurz vor dessen Uebergang in die Sehne, senkrecht stünden und so würde, wegen der ziemlich längeren Ansatzsehne des R. internus gegenüber der kürzeren des R. externus, der letzte bei blosser Contraction des Muskels noch wirksame Hebelarm der Kraft P_e weiter von der Ansatzstelle der zugehörigen Sehne am Augapfel entfernt sein als der letzte noch wirksame Hebelarm der Kraft P_i.

Mag nun diese vorläufig noch offene Frage in dem einen oder andern Sinne beantwortet werden, so kann dieses keine Aenderungen in der Theorie der auf Hebelgesetzen beruhenden Bewegungen des Augapfels hervorrufen und will ich, da das Fernere dadurch leichter verständlich wird, in jedem Falle das Hebelverhältniss $r''_e : r''_i$ noch kurz in Betracht ziehen.

Schon oben hatten wir gesehen, dass die Distanz resp. der Hebelarm zwischen der Insertionsstelle der beiden Recti an den Augapfel, welche ich nach Merkel (l. c. pag. 55) für den M. R. externus 6.8, für den R. internus 6.5 Mm. vom Hornhautrande verlegt habe, und dem Drehpunkte des Auges, für die verschiedenen Bulbusformen sowohl wie für die beiden Recti unter sich verschieden ist und folgende Werthe bei meinen Horizontalschnitten für diese Maasse gefunden worden sind:

	H.	*E.*	*M.*
M. R. externus.....	11.5	12.5	15.25
„ „ internus.....	12.25	12.25	13.75

Daraus ergibt sich, wie schon weiter oben durch die mit Radius r''_e und r''_i gezogenen Kreisbögen bewiesen worden ist, dass die Radien der Bulbuswand von hinten nach vorn, ausnahmslos jedenfalls von r'_e und r'_i hinweg, stetsfort wachsen, sodass an der Insertionsstelle der Muskeln beim *E* Auge r''_e nur um Weniges grösser ist als r''_i, beim *H* Auge dagegen r''_i ziemlich grösser als r''_e und beim *M* Auge, dem *H* Auge entgegengesetzt, r''_e ziemlich grösser ist als r''_i.

Würde es sich daher für die Kräfte P_e und P_i darum handeln, mit diesen Hebelarmen das Auge in Parallelstellung zur Medianlinie des Kopfes zu erhalten, so müsste dieses, wie für die Hebelarme r'_e und r'_i beim *H* Auge mit $P_e > P_i$, beim *E* Auge ebenfalls mit $P_e > P_i$ (freilich in viel geringerem Grade) und beim *M* Auge mit $P_i > P_e$ geschehen, sonst müsste bei Gleichgewichtszustand beider Recti das *E* Auge in leicht divergente, das *H* Auge in vom Grade der Grössendifferenz beider Hebelarme abhängige Convergenzstellung und das *M* Auge in vom Grade der Grössendifferenz beider Hebelarme abhängige Divergenzstellung abgelenkt werden.

Vergleichen wir die früher mit r'_e und r'_i gefundenen Gleichungen mit den jetzt für r''_e und r''_i erhaltenen, so ist

$$\left.\begin{array}{ll} \text{beim } H \text{ Auge} & \left\{\begin{array}{l} P_e \,.\; 9.75 = P_i \,.\; 12.4 \\ P_e \,.\; 9.1 = P_i \,.\; 12.25 \end{array}\right. \\ \text{„ } E \text{ „} & \left\{\begin{array}{l} P_e \,.\; 10.0 = P_i \,.\; 12.25 \\ P_e \,.\; 9.25 = P_i \,.\; 12.0 \end{array}\right. \\ \text{„ } M \text{ „} & \left\{\begin{array}{l} P_e \,.\; 12.4 = P_i \,.\; 12.0 \\ P_e \,.\; 13.0 = P_i \,.\; 12.75 \end{array}\right. \end{array}\right\} \text{für } r'_e \text{ und } r'_i$$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{beim } H \text{ Auge} & P_e \,.\; 11.5 = P_i \,.\; 12.25 \\ \text{„ } E \text{ „} & P_e \,.\; 12.5 = P_i \,.\; 12.25 \\ \text{„ } M \text{ „} & P_e \,.\; 15.25 = P_i \,.\; 13.75 \end{array}\right\} \text{für } r''_e \text{ und } r''_i$$

Die Verhältnisse für r'_e und r'_i sind daher denjenigen für r''_e und r''_i sehr ähnlich und werden es folglich für alle zwischen r'_e und r''_e und zwischen r'_i und r''_i gelegenen Hebelarme auch sein.

Ehe wir weiter gehen, will ich noch darauf aufmerksam machen, dass r'_e und r'_i und ebenso r''_e und r''_i, die ersteren einen nach hinten, die letzteren einen nach vorn offenen Winkel einschliessen, welche ich, wegen analogen Verhältnissen beim Kreise, hinteren und vorderen Mittelpunktswinkel, oder, da der Drehpunkt des Auges nicht sein Mittelpunkt ist, hinteren und vorderen Drehpunktswinkel, h Dp. ∠ und v Dp. ∠, nennen will.

Dass r'_e und r'_i einen ungleicharmigen Winkelhebel repräsentiren, hat, wie wir gesehen haben, seinen Grund grösstentheils in der unregelmässigen, von der Kreisform abweichenden Bildung des Augapfels, wodurch es geschieht, dass bei der eigenthümlichen Richtung, in welcher die Augenmuskeln an den Augapfel herantreten, d. h. von hinten und innen her, der Angriffspunkt des R. externus weiter nach hinten zu liegen kommt als derjenige des R. internus. Aus eben diesem Grunde muss auch der Winkel, welchen r'_e und r'_i einschliessen, also der h Dp. ∠, verschieden gross sein je nach der Form des Bulbus.

Dass r''_e und r''_i unter einem Winkel sich schneiden ist natürlich, wenn man bedenkt, dass sich die Augenmuskeln an der vordern Hälfte des Augapfels inseriren, der Drehpunkt des Auges dagegen in der hintern Hälfte liegt. Je grösser die Entfernung zwischen beiden ist, um so spitzer muss der v Dp. ∠ werden und zeigen sich daher, wie für den h Dp. ∠, grosse Verschiedenheiten, je nachdem es sich um *H*, *E* oder *M* Augen handelt.

Es liegt in der Natur der Verhältnisse, von welchen die Grösse dieser Winkel abhängt, dass der h Dp. ∠ veränderlich ist je nach den Abscissen- und Ordinatenlängen und je nach der Stellung des Auges, in welcher derselbe gemessen wird, dass dagegen der v Dp. ∠ unveränderlich bleibt.

Ich fand für verschiedene Abscissen- und Ordinatenlängen bei *H*, *E* und *M* Augen folgende Werthe für den hintern Drehpunktswinkel:

	H.	*E.*	*M.*
A. L. 10. O. L. 25	152°.0	153°.5	126°.5
„ „ „ 40	164°.5	166°.5	143°.5
A. L. 25. O. L. 25	156°.0	146°.5	144°.0
„ „ „ 40	167°.0	161°.5	158°.0

Dieser Winkel ist daher beim *M* Auge für alle Abscissen- und Ordinatenlängen am Kleinsten und für kleine Abscissenlängen beim *H* Auge kleiner als beim *E* Auge, für grössere Abscissenlängen jedoch beim *H* Auge grösser als beim *E* Auge. Für *H* und *M* Augen zeigt sich ausserdem eine Zunahme dieses Winkels mit Zunahme der Abscissen- und Ordinatenlängen, beim *E* Auge jedoch unter gleichen Verhältnissen eine Abnahme.

Für den vordern Drehpunktswinkel fand ich bei meinen Modellen folgende Werthe:

beim *H* Auge . . 120°
„ *E* „ . . 115°
„ *M* „ . . 92°.

Analog dem h Dp. ∠ bei Abscissenlängen grösser als 10 Mm., ist er bei *H* Augen am Grössten, bei *M* Augen am Kleinsten. Nun ist die Kraft eines Winkelhebels um so kleiner je spitzer der von den Hebelarmen eingeschlossene Winkel und um so grösser je stumpfer dieser Winkel ist.

Demnach müsste, entsprechend den für den hintern wie für den vordern Drehpunktswinkel gefundenen Zahlen, das *M* Auge absolut am Schwersten und das *H* Auge bei kleinen Abscissenlängen etwas schwerer als das *E* Auge bei gleichen Abscissenlängen, bei grösseren Abscissenlängen jedoch ziemlich leichter als das *E* Auge drehbar sein (vgl. hiezu Tab. III. über den Kraftverbrauch).

Das dritte Hebelverhältniss nun, von welchem ich weiter oben schon gesprochen habe und welches die beiden übrigen eigentlich in sich schliesst ist dasjenige, welches überhaupt zwischen jedem Punkte der Temporal- und jedem Punkte der Nasalseite des Augapfels auf der ganzen Strecke zwischen r''_e oder r''_i und Sehnerv liegt. Denn es ist klar, dass, welche Stellung der Augapfel

auch einnehmen mag, der Angriffspunkt der einen Kraft mit zugehörigem Hebelarm je einem Angriffspunkt der andern Kraft mit zugehörigem Hebelarm entsprechen muss, somit das Hebelverhältniss $r'_e : r'_i$ in Parallelstellung der Gesichtslinien auch darin enthalten sein wird.

Entgegen dem Zustande der Gleichgewichtsstellung aber, ändern bei Drehungen des Auges die Verhältnisse in der Art, dass, dem freien Willen unterworfen, die eine Kraft durch Zusammenziehung ihre Thätigkeit erhöht, die andere antagonistische ihre Thätigkeit gleichzeitig herabsetzt und eigentlich nicht mehr Kraft bleibt, sondern Last wird, in dem Augenblicke jedoch wieder zu Kraft wird, wo das Auge in irgend einer Stellung erhalten bleiben soll.

Das Resultat der Thätigkeit der einen Kraft ist eine Drehung des Auges nach ihrer Seite und die Folge dieser Drehung eine Abrollung der Kraft, welche um so ausgedehnter ist, je grösser die Anlegungsstrecke derselben war und ihre Grenze erst am Ansatzpunkte der Kraft an die Sklera finden wird; das Resultat der herabgesetzten Thätigkeit der andern Kraft dagegen wird Aufrollung sein, welche um so beträchtlicher sein wird, je grösser die Drehung des Auges ist. Dabei werden die Angriffspunkte des sich zusammenziehenden, das Auge nach seiner Seite drehenden Muskels immer weiter nach vorn rücken und die Hebelarme, wie den Versuchen mit den Kreisbögen zu entnehmen ist, immer wachsen, bis sie mit r''_e oder r''_i zusammenfallen, während die Angriffspunkte und zugehörigen Hebelarme des Antagonisten immer weiter nach hinten rücken bis an die Seite des Sehnerven oder selbst darüber hinaus, wenn sich dieser verdrängen lässt. Diese Hebelarme werden bei *H* und *E* Augen immer kleiner, bei *M* Augen immer grösser, sodass aus dieser Erscheinung der Schluss zu ziehen wäre, dass Convergenz- und Divergenzdrehungen für das *E* und besonders das *H* Auge immer leichter, für das *M* Auge immer schwieriger werden, je ergiebiger sie sein sollen.

Da nun die Anlegungsstrecke des M. R. externus an den Augapfel weit grösser ist als diejenige des R. internus, so muss die Zahl der Angriffspunkte der Kraft P_e, somit auch die Zahl ihrer Hebelarme weit grösser sein als für die Kraft P_i. Wenn Drehung des Auges nur durch Abrollung des sich zusammen-

ziehenden, das Auge nach seiner Seite drehenden Muskels und gleichzeitige Aufrollung seines Antagonisten zu Stande käme, so müssten die durch den M. R. internus ausführbaren Excursionen beträchtlich kleiner sein als die durch den R. externus zu ermöglichenden.

Um dieselben Grade von Convergenz- und Divergenzdrehungen des Augapfels auszuführen scheint zwar die Verkürzung des einen wie des andern Muskels ziemlich ähnlich zu sein (vgl. Tab. II.), aber während eine Drehung des Auges von 0^0—40^0 nach aussen einzig durch Abrollung des M. R. externus sehr wohl ausführbar ist, ja sogar ohne dass dabei der Ansatzpunkt des Muskels erreicht wird, kann eine Drehung des Auges von 0^0—45^0 nach innen durch blosse Abrollung des M. R. internus, ausgenommen für A. L. 10 und O. L. 25—40, wie wir aus Tab. I. ersehen haben, überhaupt nicht möglich sein, da die Abrollung, namentlich bei grösseren Abscissenlängen, und beim *E* und *M* Auge mehr als beim *H* Auge, beim *M* Auge hinwiederum mehr als beim *E* Auge, aufhört ehe ein solcher Convergenzgrad erreicht ist.

Es geht aus diesen Erscheinungen daher unmittelbar hervor, dass jeder Grad von Divergenzdrehung des Auges, sei es ein *H*, *E* oder *M* Auge, einzig durch Abrollung möglich ist, dass dagegen Convergenzdrehungen nur bis zu einem gewissen Grade durch Abrollung ausführbar sind, der Rest, wenn er nothwendig ist, dagegen durch directen Zug an der Ansatzstelle des R. internus zu Stande kommen muss.

Einige Schwierigkeiten verursacht für das Verständniss der antagonistische Muskel, welcher aufgerollt wird, da wir über dessen Spannungsverhältnisse keine rechte Vorstellung haben. Immerhin darf derselbe weder ganz erschlafft sein, sonst müssten, wie ich früher hervorgehoben habe, Drehungen des Auges mehr oder weniger ruckweise geschehen, noch kann er in gleichem Grade sich zusammenziehen wie der das Auge rotirende Muskel, sonst würde Drehung nicht erfolgen können. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um einen sehr geringen Spannungsgrad, der grösstentheils schon durch die specifische Elasticität der Muskeln gegeben ist und beim Auge durch deren Aufrollung, wobei sie gedehnt und passiv verlängert werden, noch erhöht wird.

Weil diese Kraft nicht activ, sondern passiv wirkt, so redu-

cirt sie sich auch einfach auf die Kraft, welche nothwendig ist um sie zu dehnen; Kraft und Hebel dieser passiven Kraft stehen daher unter ganz andern Bedingungen als ihre Antagonisten; zugleich nehmen ihre Hebelarme, wie früher durch die Kreisbögen gezeigt worden ist, von vorn nach hinten ab, während die Hebelarme des activ thätigen Muskels von hinten nach vorn zunehmen.

Die Kraft, welche nun nothwendig ist, um den entspannten Muskel zu dehnen, wird um so grösser sein, je bedeutender die Dehnung wird; würde diese eine active Kraft sein, so müsste die sie dehnende noch um so grösser werden, weil mit der Zunahme der Aufrollung die Grösse ihrer Hebelarme abnimmt, die Grösse der Kraft daher um so viel wachsen müsste.

Es kommt noch dazu, dass die zu dehnende Kraft keine Dehnung nur in gerader Richtung ist, sondern aus einer geradlinigen, d. h. der Strecke zwischen Ursprungsstelle und Angriffspunkt (r'_e oder r'_i) des Muskels und aus einer krummlinigen Dehnung, d. h. der ganzen Aufrollungsstrecke am Augapfel sich zusammensetzt. Mit der Aufrollung und Dehnung an einer krummen Fläche verbindet sich jedoch ausserdem noch Reibung. Da nicht anzunehmen ist, dass nur das geradlinige Stück, sondern vielmehr die ganze Muskelstrecke von der Ansatz- bis zur Ursprungssehne gedehnt wird, so wird für das am Auge anliegende Stück eine Reibung an der Augapfelfläche entstehen müssen.

So setzt sich der Widerstand, welchen die passive Kraft oder die Last der activen Kraft entgegenstellt, aus zwei Momenten zusammen, erstens aus der Dehnung der Muskelfasern, welche um so beträchtlicher sein wird, je grösser die Dehnung bei gleichbleibender absoluter Muskellänge sein muss, d. h. je ergiebiger die Drehung des Auges nach entgegengesetzter Seite und je grösser die Strecke ist, auf welcher die geradlinige Richtung des Muskels in eine krummlinige und daher verlängerte sich umwandelt, je grösser also die Aufrollungsfläche ist, zweitens, aus der Reibung, welche die Aufrollung des Muskels mit gleichzeitiger Dehnung auch der Aufrollungsstrecke mit sich bringt und daher ebenfalls mit der Grösse der Aufrollungsstrecke wachsen muss.

Die Abnahme der Grösse der Hebelarme dieser passiv von vorn nach hinten wirkenden Kraft mit Zunahme der Entfernung

des Angriffs- von dem Ansatzpunkte des Muskels, hat daher auch nicht die Bedeutung, dass damit eine verhältnissmässige Zunahme dieser Kraft eintreten müsse, denn es handelt sich dabei eben weder um Erhaltung des Gleichgewichts noch gar um Kraftvermehrung um eine Drehung des Augapfels zu bewirken, sondern die Abnahme der Hebelarme wird im Gegentheil eine Erleichterung für die sich zusammenziehende oder active Kraft sein, da die Grösse der Aufrollungs- und damit der Reibungsstrecke um so kleiner und zugleich die Grösse der nothwendigen Dehnung um so weniger von der Grösse der Dehnung der geradlinigen Strecke abweichen wird.

Die Grösse der Hebelarme hat daher für den sich aufrollenden oder passiven Muskel die entgegengesetzte Bedeutung, die sie für den sich abrollenden d. h. zusammenziehenden oder activen Muskel hat.

Nachdem sich aus fast allen durch Messung gefundenen Zahlen ergeben hat, dass die Maasse des *E* Auges zwischen denjenigen des *H* und des *M* Auges stehen, so dürfen wir, da dieses Auge, was Refraction, Accommodation und Bewegung anbelangt, am Meisten den Bedingungen entspricht, welche zu physiologischer Function uns nothwendig erscheinen, wohl mit Recht sagen, dass ein Auge, welches diesen Bedingungen nicht entspricht, auch nicht physiologisch functionniren kann.

Allerdings hat die Natur überall einen gewissen Spielraum gelassen und das, was wir Physiologisch nennen, nicht in mathematisch exacte und enge Grenzen eingezwängt. Aus diesem Grunde ist es daher auch manchmal schwierig mit Bestimmtheit anzugeben, wo das Physiologische aufhört und das Pathologische anfängt.

Für die Bewegungen des Auges besteht jedenfalls auch ein solcher Spielraum und werden sehr verschiedene, wenn auch unter sich sehr ähnliche Formbildungen des Auges die Uebergänge vom Normalen zum Abnormen bilden.

Die von mir gewählten Horizontalschnitte scheinen jedoch hinreichend charakteristische Form zu haben, um die Eigenthümlichkeiten, welche den drei Kategorieen von Augen hinsichtlich ihrer Hebelverhältnisse zukommen, deutlich erkennen zu lassen. Wenigstens sind die damit gewonnenen Resultate derart, dass es

kaum einem Zweifel unterliegen kann, dass beim *H* Auge jegliche Thätigkeit des M. R. internus, sei es für Parallelstellung der Gesichtslinien oder für Convergenzdrehungen, in Folge der grösseren Hebelarme seiner Seite, gegenüber denjenigen seines Antagonisten, abnorm erleichtert und aus denselben Gründen Divergenzdrehungen relativ erschwert, beim *M* Auge jegliche Thätigkeit des M. R. internus, sei es für Parallelstellung der Gesichtslinien oder für Convergenzdrehungen, in Folge der kleineren Hebelarme seiner Seite gegenüber denjenigen seines Antagonisten, und in Folge der bei Weitem grösseren Aufrollungsstrecke und Fläche desselben, abnorm erschwert und aus denselben Gründen Divergenzdrehungen abnorm erleichtert sind.

Mit diesen Resultaten steht auch in vollständigem Einklang, was ich, gänzlich unabhängig von diesen Untersuchungen, über den Kraftverbrauch des M. R. internus für Convergenzdrehungen von 0^0—45^0 und des M. R. externus für Divergenzdrehungen von 0^0 bis 40^0 gefunden und in Tab. III. zusammengestellt habe.

Dort fand ich, dass

1) Convergenzdrehungen für *H* (ausgenommen bei kleinsten Abscissenlängen), *E* und *M* Augen mehr Kraft erfordern als Divergenzdrehungen.
2) Convergenzdrehungen für das *H* Auge am Wenigsten, für das *E* Auge mehr und für das *M* Auge am Meisten Kraft erfordern.
3) Convergenzdrehungen für *H*, *E* und *M* Augen mit Zunahme der Abscissenlängen immer schwieriger, innerhalb gleicher Abscissenlängen mit Zunahme der Ordinatenlängen immer leichter werden.
4) Divergenzdrehungen für das *H* Auge ziemlich mehr Kraft erheischen als für das *E* Auge, und dass für *H* und *E* Augen der Kraftverbrauch mit Zunahme der Abscissenlängen langsam wächst, innerhalb gleicher Abscissenlängen mit Zunahme der Ordinatenlängen jedoch abnimmt; für das *M* Auge der Kraftverbrauch mit Zunahme der Abscissen- sowohl wie der Ordinatenlängen abnimmt, wie bei *H* und *E* Augen, und dass, für die kleinsten Abscissenlängen, der Kraftverbrauch des *M* Auges, bei Ausschluss der Verdrängungswirkung des R. internus resp. des Seh-

nerven, gerade ungefähr so viel beträgt wie derjenige des *E* Auges für die grössten, und für die grössten Abscissenlängen gerade ungefähr so viel ausmacht wie derjenige des *E* Auges für die kleinsten.

Dass Convergenzdrehungen für *H*, *E* und *M* Augen mehr Kraft erfordern als Divergenzdrehungen, würde, wenn wir es bestimmt wüssten, schon daraus zu schliessen sein, dass der M. R. internus stärker sein soll als der R. externus.

Dagegen ist ganz sicher, dass bei Convergenzdrehungen des Auges die Anlegungs- und daher auch die Dehnungs- und Reibungsfläche des R. externus auf dem Augapfel weit grösser ist als diejenige des R. internus bei Divergenzdrehungen.

Aus diesem Grunde müssen Convergenzdrehungen um so schwieriger werden, d. h. um so mehr Kraft erfordern, je grösser die Anlegungsfläche oder ∠ A des R. externus an den Augapfel wird, womit sich eine in ähnlichem Verhältniss stattfindende Abnahme der Anlegungsfläche des R. internus verbindet (vgl. Tab. I.), sodass von Convergenzdrehungen bis 45° durch Abrollung überhaupt nicht mehr die Rede sein kann, sondern der ganze Rest der Drehung des Auges einzig durch directen Zug am Ansatzpunkte bewirkt werden muss. Und aus demselben Grunde müssen Convergenzdrehungen mit Zunahme der Ordinatenlängen innerhalb gleicher Abscissenlängen wieder leichter werden, da mit Zunahme der Ordinatenlängen der ∠ A für den M. R. externus ab-, für den R. internus jedoch zunimmt.

Diese sämmtlichen Voraussetzungen über Convergenzdrehungen werden, wie auch schon aus den Hebelverhältnissen zu schliessen war, für *H*, *E* und *M* Augen durch die Versuche über den Kraftverbrauch bis in alle Einzelheiten bestätigt.

Ebenso verhält es sich für Divergenzdrehungen.

Für letztere haben natürlich dieselben Gesetze Geltung, wie für Convergenzbewegungen.

In den nämlichen Ursachen, auf welchen die Erleichterung für Convergenzdrehungen des *H* Auges beruht, liegt der Grund für Erschwerung der Divergenzdrehungen und in den nämlichen Ursachen, auf welchen die Erschwerung für Convergenzdrehungen des *M* Auges beruht, liegt der Grund für Erleichterung der Divergenzdrehungen.

Divergenzdrehungen sind für das *H* Auge am Schwierigsten und werden mit Zunahme der Abscissenlängen immer schwieriger, innerhalb gleicher Abscissenlängen jedoch mit Zunahme der Ordinatenlängen jeweilen leichter, weil, wie wir früher gesehen haben, die Hebelarme des M. R. externus, denjenigen des R. internus gegenüber, überhaupt kleiner sind als bei *E* oder gar *M* Augen, und weil ferner der Angriffspunkt des R. externus um so weiter nach hinten fällt, je grösser die Abscissenlängen sind, wo der zugehörige Hebelarm noch kleiner, derjenige des R. internus dagegen immer grösser wird, während bei Zunahme der Ordinatenlängen ∠ A des R. externus kleiner, ∠ A des R. internus dagegen immer grösser, somit der Hebelarm r'_e grösser, der Hebelarm r'_i kleiner wird.

In gleichen Ursachen beruht es, dass für Divergenzdrehungen des *M* Auges, entgegen dem *H* und *E* Auge, der Kraftverbrauch des M. R. externus bei geringsten Abscissenlängen am Grössten, mit Zunahme derselben jedoch immer kleiner, selbst kleiner als derjenige des *E* Auges wird.

Als ich nämlich weiter oben von den Kreisbögen sprach, die man mit Radius r''_e und r''_i vom Drehpunkt des Auges aus ziehen könne, sagte ich, dass sich beim *M* Auge herausstelle, dass, abgesehen von dem gegenüber r''_i viel grösseren Radius r''_e, der Kreisbogen mit Radius r''_e sich von der Bulbuswand bis zu ca. 60° mehr und mehr entferne, von da hinweg jedoch sich derselben bis an die Temporalseite des Sehnerven wieder mehr und mehr nähere, dass also Hebelarm r_e von r''_e hinweg bis ca. 60° stetsfort abnehme, von da an jedoch bis an die Schläfenseite des Sehnerven immer wachse.

In diesem Umstande und in der immer kleiner werdenden Aufrollungsfläche des M. R. internus liegt der Grund, dass der Kraftverbrauch des M. R. externus des *M* Auges bei Divergenzdrehungen mit Zunahme der Abscissenlängen abnimmt. Denn bei geringsten Abscissenlängen fällt der Angriffspunkt und der grössere Theil der Abrollungsstrecke des R. externus auf einen Theil der Bulbusfläche, wo Hebelarm r'_e ungefähr gleich gross ist wie derjenige des Antagonisten, ein Verhältniss also, in welchem, entgegen demjenigen beim *H* und *E* Auge, kein Vortheil, eher ein Nachtheil für P_e gelegen ist. Dazu kommt noch, dass

Anlegungs- und Aufrollungsstrecke des R. internus um so grösser ist, je kleiner die Abscissenlänge.

Je grösser aber die Abscissenlängen werden, um so mehr rückt der Angriffspunkt r'_e der Kraft P_e nach hinten und gelangt dadurch immer mehr in ein Bereich, wo Hebelarm r'_e stets grösser, die Anlegungs- und Abrollungsstrecke, also ∠ A des M. R. internus dagegen immer kleiner wird.

Es nimmt daher die Kraft P_e durch Zunahme ihres Hebelarmes r'_e mit Zunahme der Abscissenlängen stetsfort zu, während die Anlegungs- und Abrollungsfläche des M. R. internus, d. h. die für den R. externus hauptsächlich zu überwindenden Hindernisse abnehmen.

So erklären sich sämmtliche durch die Gewichtsversuche erhaltenen Resultate durch physikalische Ableitung aus der Form des Bulbus und den mit derselben eng verknüpften, d. h. einzig von ihr abhängenden Hebelverhältnissen in fast unerwartet befriedigender Weise.

Aus den Hebelgesetzen erklärt sich jedoch überhaupt die ganze Physiologie und Pathologie der Augenbewegungen, daher auch die Erscheinung des Strabismus convergens und der Insufficienz der Interni und aller andern Formen von Strabismus, mit Ausnahme der durch organische Veränderungen der Muskeln und ihrer Umgebung bedingten und einiger anderen, — und zwar viel leichter, ungezwungener und natürlicher als es durch blosses Raisonnement, ehe diese Untersuchungen ausgeführt waren, möglich schien. Den Hebelgesetzen unterworfen und von Hebelarmen abhängig sind ohne Zweifel auch alle andern den Bulbus bewegenden Muskeln und es würden sich bei genauer Untersuchung bei diesen gewiss auch mancherlei Abnormitäten, abhängig von abnorm angeborener oder entwickelter Bulbusform, entdecken lassen.

Auch bei allen Verhältnissen und Zuständen, wo die Bewegungen der Augen unserem freien Willen entzogen sind, wie z. B. beim Schlafe, sowie wenn, in Folge herabgesetzter Sehschärfe oder gänzlich verloren gegangener Sehkraft, am binocularen Sehen wenig oder nichts gelegen ist, wird sich das Auge oder werden sich die Augen so stellen, wie die Grösse der Hebelarme bei nahezu gleicher Spannung resp. demselben Grad der Erschlaffung es bedingen wird.

Bei alle dem darf jedoch nicht vergessen werden, dass gewiss recht verschiedene Bulbusformen und daher auch verschiedenartige Hebelwirkungen vorkommen mögen, sodass sich hinreichend erklären lässt, dass nicht in allen Fällen von Hypermetropie Strabismus convergens und nicht in allen Fällen von Myopie Insufficienz der Interni entstehen wird, warum aber Strabismus convergens, wenn er eintritt, sich schon frühzeitig entwickelt, Insufficienz der Interni dagegen in der Mehrzahl der Fälle an die Entwicklung von Myopie in späteren Jahren gebunden ist. Aus dem Einfluss der Grösse der Hebelarme auf die Bewegungen des Augapfels lässt sich ferner auch erklären, dass Strabismus in selteneren Fällen auch bei Emmetropie auftreten kann; ebenso das ziemlich seltene Vorkommniss von Strabismus divergens bei Hypermetropie und von Strabismus convergens bei Myopie. Ersteres wird nach früher Gesagtem am Ehesten bei grossen Abscissenlängen, im weiteren Sinne Pupillendistanzen, letzteres bei kleinen Abscissenlängen eintreten können.

Ganz allgemein dürfen wir in Beziehung auf die Innervationsverhältnisse der Augenmuskeln wohl sagen, dass sie in proportionalem Verhältniss zu der anatomischen Anlage derselben stehen. Sind die Innervationsverhältnisse sowohl wie die von ihnen innervirten Augenmukeln normal, so kann das Resultat ihrer Thätigkeit nur dann ein normales sein, wenn der von ihnen bewegte Körper normal, d. h. so gebaut ist, dass die mit ihm ausgeführten Bewegungen nur physiologische, d. h. dem physiologischen Bedürfnisse entsprechende sein können. Weicht seine Form jedoch von diesem physiologischen Postulate ab, so können, gleichbleibende Innervation der Augenmuskeln und gleichbleibende anatomische und physiologische Eigenschaften der Augenmuskeln vorausgesetzt, die durch letztere ausgeführten Bewegungen abnorm werden.

Es ist eher anzunehmen, dass die Impulse, welche von den Centralorganen ausgehen normal und für die rechte und linke Körperhälfte resp. Orbita dieselben seien und auch die Thätigkeit der von ihnen innervirten Muskeln normal und für die rechte und die linke Seite dieselbe sei, aber die von letzteren zu bewegenden Körper abnorm sind und daher auf gleiche Impulse verschieden reagiren, als dass das Umgekehrte der Fall wäre.

Obschon nach diesen beiden Sätzen, Abweichungen der Form

des Bulbus von der durch die Innervations- und Muskeleinrichtung vorausgesetzten physiologischen Form, unter allen Umständen auch von den physiologischen abweichende, dem physiologischen Bedürfnisse nicht entsprechende Bewegungen, also Strabismus zur Folge haben müssten, sehen wir dennoch vielfach in Fällen, wo wir aus der vorhandenen Refraction auf Formfehler des Auges schliessen müssen, entweder überhaupt keinen Strabismus oder wenigstens keinen manifesten, sondern nur einen latenten oder dynamischen sich entwickeln.

Wo unter solchen Umständen keine Abweichung eintritt, kann nicht anders als angenommen werden, dass die reciproken Hebelverhältnisse der M. R. interni und externi derart sind, dass ein Ueberwiegen der einen über die andere Kraft nicht möglich ist.

In Fällen aber, wo zwar kein manifester, dagegen ein latenter Strabismus vorliegt, sind wir, da eine andere Erklärung kaum gefunden werden kann, zu der Annahme berechtigt, dass im Interesse der Erhaltung des binoculären Sehens entweder der Antagonist allmälig lernt, was ihm an Hebelkraft abgeht, durch energischere Contraction zu erzielen, d. h. P_e oder P_i gegenüber P_i oder P_e zu erhöhen, oder der strabotische Muskel lernt sich um so viel zu erschlaffen, oder beide lernen ihre durch die Hebelverhältnisse bedingte ungleiche Wirkung gegenseitig auszugleichen, welche erhöhte oder herabgesetzte Thätigkeit jedoch nur so lange festgehalten wird als ein Bestreben binocular zu sehen vorliegt, dagegen sofort verschwindet, sobald z. B. ein Auge bedeckt oder durch Prismen eine Fusion der Doppelbilder unmöglich gemacht wird oder die Sehkraft des einen Auges abnimmt oder erlischt, worauf das Auge nach der Seite der grösseren Hebelarme ablenkt.

Unter normalen Verhältnissen besteht, wie wir früher gesehen haben, Gleichgewichtsstellung der M. R. externi und interni ungefähr bei Parallelstellung der Gesichtslinien, richtiger bei leichter Divergenzstellung; bei abnormer Bulbusform müssen wir jedoch die Schielstellung als diejenige betrachten, in welcher dieses Gleichgewicht hergestellt ist.

Je nach dem Grade der Abnormität wird auch der Grad der Abweichung ein verschiedener sein. Je nachdem die abnormen Hebelverhältnisse auf beiden Augen gleich oder ungleich sind, wird der Schielwinkel auf beiden Augen auch gleich oder ungleich sein,

ferner das eine Auge mehr, das andere weniger oder beide gleichviel Neigung zeigen abzuweichen, wobei noch Gleichheit oder Ungleichheit der Refraction, Sehschärfe und des Winkels α resp. γ einen mehr oder weniger bestimmenden Einfluss ausüben werden. Je nach dem Grade der Abnormität, d. h. abnormer Grössendifferenz zwischen äussern und innern Hebelarmen und der Grösse der Anlegungsstrecke des R. externus an den Augapfel, wird auch nur musculäre Asthenopie, dynamisches, latentes, relatives oder absolutes Schielen eintreten.

Vielfach wird es vorkommen, dass nur ein latenter oder relativer Strabismus besteht und bestehen bleibt, häufig jedoch auch, dass sich in Folge herabgesetzter oder stets abnehmender Sehschärfe, welche das Bestreben binocular zu sehen aufhebt oder in Folge von Formveränderungen des Bulbus, durch welche die Hebelverhältnisse des einen der beiden in Frage stehenden Muskeln noch ungünstiger werden, absoluter Strabismus sich entwickelt, wenn die erhöhte Thätigkeit des Antagonisten nicht mehr ausreicht oder für das Sehen kein Nutzen aus solcher erwächst, die allzu günstigen Hebelverhältnisse des die Schielstellung des Auges bewirkenden Muskels zu paralysiren und zu überwinden.

Solche Veränderungen werden natürlicher Weise am Ehesten beim myopen, seine Form mit Zunahme der Myopie verändernden Auge zu beobachten sein und werden daher auch aus diesem Grunde Insufficienz der Interni und Strabismus divergens sich erst später entwickeln, während für die Entstehung des Strabismus convergens die Bedingungen vorhanden sind sobald das Auge die für seine Entwicklung günstigen Hebelverhältnisse darbietet, was schon sehr frühzeitig der Fall sein kann und wodurch eben Veranlassung zu Entstehung von Strabismus bereits in frühestem Kindesalter gegeben sein wird.

Dass es sich nun bei irgend einer Form von Strabismus, im engern Sinne bei Strabismus convergens abhängig von Hypermetropie, oder Insufficienz der Interni abhängig von Myopie, um abnorme Contraction oder Verkürzung des strabotischen Muskels handle, dafür haben wir keinen Anhaltspunkt. Erst wenn absoluter Strabismus sich entwickelt oder entwickelt hat, darf an eine allmälig eintretende materielle Verkürzung des einen Muskels mit gleichzeitiger Verlängerung des Antagonisten gedacht werden.

Bis dahin bestehen solche Veränderungen nicht und ist die Contraction desjenigen Muskels nach dessen Seite das Auge gezogen ist nicht die Ursache des Strabismus, sondern Folge abnormer Hebelverhältnisse, durch welche die gewöhnliche active Spannung der Muskeln, welche dieselbe ist wie unter physiologischen Verhältnissen bei Parallelstellung der Gesichtslinien, richtiger bei Gleichgewichtsstellung des Auges, für diese abnormen Hebelverhältnisse relativ zu stark ist.

Wenn wir daher gefunden haben, dass, sowohl wegen der dem M. R. externus gegenüber weit günstigeren Hebelverhältnisse des R. internus, als auch wegen der Aufrollungsverhältnisse des R. externus, Convergenzdrehungen für das *H* Auge abnorm erleichtert, für das *M* Auge dagegen, wegen der dem R. externus gegenüber weit ungünstigeren Hebelverhältnisse des R. internus, abnorm erschwert sind, so ist die Entstehung von Strabismus eigentlich ganz natürlich, sobald die Form des Bulbus die für die Entstehung eines Strabismus günstigen Hebelverhältnisse überhaupt darbietet.

Mit der Abhängigkeit der Augenbewegungen von der Grösse der Hebelarme, an welchen die Muskelkräfte arbeiten, lässt sich auch die Behandlung des Strabismus, auf friedlichem wie auf operativem Wege, sehr gut in Einklang bringen.

Von ersterer will ich gänzlich Umgang nehmen, da aus bisher Gesagtem zur Genüge hervorgeht, wie wir uns den Erfolg einer solchen, wenn er eintritt, vorzustellen haben. Die operative Behandlung dagegen bedarf noch einer Besprechung.

Wir operiren ganz richtig denjenigen Muskel, auf dessen Seite die günstigeren Hebelverhältnisse liegen, d. h. wir suchen ihn durch Rücklagerung in proportionales Verhältniss zu seinen Hebelarmen und den Verhältnissen seines Antagonisten zu bringen.

Bei *H* Augen trifft daher die Rücklagerung weitaus in der Mehrzahl der Fälle den bei Convergenzdrehungen activen Muskel, nämlich den R. internus und bei *M* Augen den bei Convergenzdrehungen passiven, nur sich aufrollenden, durch seine Hebelverhältnisse und die Grösse der Anlegungs- und Aufrollungsfläche den Antagonisten aber insufficient machenden R. externus.

Bei Rücklagerung des einen wie des andern wird, wie

natürlich, nicht der Angriffspunkt r'_i oder r'_e der Kraft P_i oder P_e verändert, sondern nur der Ansatzpunkt r''_i oder r''_e am Augapfel; derselbe wird weiter rückwärts verlegt. Würde der Augapfel nur so weit gedreht werden können als das Abrollungsterrain beträgt und läge dieses noch innerhalb der für unsere Sehzwecke nothwendigen Convergenz- und Divergenzstellungen des Auges, so müsste nothwendiger Weise in jedem Falle von Rücklagerung eine Excursionsbeschränkung desselben eintreten. Da jedoch, wie wir gesehen haben, eine vollständige Abrollung, wenigstens des M. R. externus, selbst bis zu 40° Divergenz nicht eintritt, so müssten Divergenzdrehungen aus diesem Grunde auch keine Beschränkung erfahren; hinsichtlich des R. internus dagegen fanden wir, dass für alle Abscissenlängen grösser als 10 Mm. eine vollständige Abrollung desselben eintritt, lange ehe die höchsten Convergenzgrade von ca. 45° erreicht sind, sodass hier eine bedeutende Excursionsbeschränkung zu gewärtigen sein müsste.

Gleichwohl kann bekanntlich der R. internus sehr bedeutende und höhergradige Convergenzdrehungen des Bulbus ausführen als durch blosse Abrollung möglich wäre, woraus geschlossen werden muss, dass Drehungen des Bulbus nicht nothwendiger Weise einzig durch Abrollung der entsprechenden Muskeln zu Stande kommen. Auch Gräfe [1]) äussert sich, „dass das contractile Verkürzungsmaximum des R. internus schon physiologisch etwas mehr betragen dürfte als die Strecke, um welche er aufgerollt ist.“

Wenn nun vor der Rücklagerung des M. R. externus oder internus in einem Falle von Insufficienz der Interni oder Strabismus convergens, die Ursache dieser Ablenkungen von

$$r_e \gtrless r_i$$

herrührt, so wird in dem Augenblicke der Rücklagerung, wo wir, wie gewöhnlich in Folge Fixation des Bulbus mit der Pincette und Festhalten der Muskelsehne auf dem Schielhacken, bei Parallelstellung der Gesichtslinien, oder selbst in leichter Convergenzstellung des Auges operiren wenn es sich um Rücklagerung des R. externus, oder in leichter Divergenzstellung wenn es sich um Rücklagerung des M. R. internus handelt,

---

[1]) Gräfe, l. c. pag. 147 und 150. — Vgl. auch Volkmann, l. c. pag. 59.

1) der antistrabotische Muskel entlastet,
2) der strabotische kraftlos. d. h. wirkungslos auf den Bulbus, wenn auch wegen seiner bindegewebigen Verbindungen mit der Tenon'schen Kapsel u. A. nicht ganz, so doch, bis er wieder angewachsen ist, grösstentheils. Der Grad seiner Zurückziehung wird durch seine bindegewebigen Verbindungen mit dem Bulbus und seiner Umgebung in einer Weise gehemmt, dass bei höhergradigem Strabismus, ganz abgesehen von dem absoluten, wo es sich jedenfalls allmälig um eine förmliche Verkürzung des Schielmuskels mit gleichzeitiger abnormer Verlängerung und Erschlaffung des Antagonisten handelt, die einfache Rücklagerung denselben nicht zu beseitigen vermag, obgleich bei geringgradigem Strabismus die Wirkung umgekehrt auch zu bedeutend werden kann.

Immerhin wird der Effect der Operation, wenn der zurückgelagerte Muskel wieder angewachsen ist, in der Mehrzahl der Fälle so ziemlich seiner nun eingetretenen Insufficienz entsprechen, — dass aber das Drehungsgebiet des antistrabotischen Muskels um so viel wächst, dürfte ich nach meinen Untersuchungen über Längenveränderungen der Muskeln (Tab. II.) vorläufig nicht unterschreiben, da sich dort ergeben hat, dass die Verkürzung des sich zusammenziehenden Muskels stets grösser ist als die gleichzeitige passive Verlängerung des Antagonisten.

Die Ursache endlich der Wirkung einer Rücklagerung auf den Strabismus beruht auf der Abschwächung des strabotischen Muskels und diese ihrerseits besteht darin, dass der fragliche Muskel, während er vor der Rücklagerung, in Folge besonders günstiger Hebelarme, das Auge bereits durch denjenigen Grad der Spannung, welcher unter physiologischen Verhältnissen nur zu Parallelstellung der Gesichtslinien benützt wird, in strabotische Ablenkung versetzte, nach der Rücklagerung durch seine, für die von ihm zu durchlaufende Strecke, relativ zu bedeutend gewordene Länge, gegenüber seinen Hebelverhältnissen so geschwächt ist, dass sein gewöhnlicher Spannungsgrad nun wieder gerade ausreicht, um Parallelstellung der Gesichtslinien zu erzielen. Reicht dieser Grad der Spannung aus oder ist er nicht stets fort noch zu hoch um das

Auge in Parallelstellung zu erhalten, so wird jede andere Stellung des Auges wieder eine physiologische sein können.

Um diese Wirkung zu erzielen, muss die Rücklagerung um so ergiebiger sein je bedeutender der Strabismus war und wird es daher, um keinen zu grossen Beweglichkeitsausfall zu erhalten, in vielen Fällen, wie längst bekannt, zweckmässiger sein die Operation auf beide Augen zu vertheilen; die Empirie hat hierüber richtige Anhaltspunkte mit ziemlicher Bestimmtheit und Genauigkeit festgestellt.

Wie schon oben angedeutet worden ist, wird bei der Rücklagerung nicht der Angriffs-, nur der Ansatzpunkt des Muskels und zwar weiter nach hinten verlegt und werden somit die früheren Hebelverhältnisse für die ganze Strecke zwischen dem Angriffs- und dem neuen Ansatzpunkte nicht geändert.

Dagegen erfahren die Abrollungsverhältnisse der Muskeln einige Modificationen und wird in dieser Hinsicht der M. R. internus in höherem Grade betroffen als der R. externus.

Der R. internus wird, wie aus unsern Versuchen hervorging, bei *H*, *E* und *M* Augen zu Erreichung höchster Convergenzgrade ganz abgerollt und mit Zunahme der Abscissenlängen wird sein Abrollungsterrain immer kleiner, beim *M* Auge am Kleinsten, sodass bei höheren Abscissenlängen bei Convergenzdrehungen um 20^0—25^0 die Abrollung bereits ihr Ende erreicht hat.

Bei Rücklagerung des R. internus wird seine Anlegungsstrecke an den Bulbus noch kleiner und seine Zugrichtung mit Zunahme der Abscissenlängen zugleich immer ungünstiger, wodurch ungenügende Convergenzdrehungen, verbunden mit grösserem Kraftaufwand, um so eher und in um so höherem Grade eintreten müssen, je ergiebiger die Rücklagerung ist und je grösser die Abscissenlängen sind, was Letzteres immerhin in einer Reihe von Fällen mit grösseren Pupillendistanzen zusammenfallen wird.

Aus einem einzigen Grunde könnten jedoch umgekehrt Convergenzdrehungen nach Rücklagerung des R. internus zwar nicht ergiebiger aber erleichtert werden. Wir sahen nämlich früher, dass die Form des hypermetropen Bulbus eine solche ist, dass, rückwärts von der Insertionsstelle des R. internus, die Hebelarme oder wenigstens die Radien auf eine Strecke von ca. 30^0 grösser sind als an der Insertionsstelle selbst, sodass bei Rücklagerung des

R. internus die neue Insertionsstelle, je nach dem Grade der Rücklagerung, an eine Stelle fallen wird, wo der Hebelarm r''_i grösser ist als früher. Bei totaler Abrollung des R. internus kann in Folge dessen das Hebelverhältniss für den R. internus selbst günstiger werden als es vor der Rücklagerung war. Es ist jedoch leicht ersichtlich, dass der Vortheil solcher Verhältnisse gänzlich von der Form abhängt, welche der Bulbus in jedem speciellen Falle in dieser Gegend hat und daher auch von der Stelle, an welche die neue Insertionsstelle zu liegen kommt. Da ausserdem nicht die wirklichen oder physischen Hebelarme die Kraftarme sind, sondern die auf die Richtungslinien der Kräfte gefällten Senkrechten, so können offenbar durch Rücklagerung ebensowohl sehr günstige als sehr ungünstige Hebelverhältnisse eintreten. Hierin dürfte wohl ein wichtiger Grund liegen für die so verschiedenen Resultate, welche durch dieses Operationsverfahren erzielt werden.

Was den M. R. externus betrifft, so wird derselbe, wie wir früher gesehen haben, bei keiner Bulbusform, -- am Wenigsten beim *M* Auge —, und auch weder bei kleinen noch bei grossen Abscissen- und Ordinatenlängen, noch auch bei den höchsten für das Auge überhaupt erreichbaren Divergenzbewegungen abgewickelt. Selbst wenn der M. R. externus zurückgelagert ist, kann eine totale Abrollung kaum je eintreten. Ob jedoch, wenn eine Totalabrollung einträte, der Rest der Drehung, analog den Verhältnissen des R. internus, durch directe Muskelverkürzung erzielt werden könnte, lasse ich unentschieden. Immerhin ist eine Insufficienz nach Seite des zurückgelagerten Muskels aus dem Grunde möglich, weil weder gesagt ist, dass nach Abschwächung des R. externus durch Rücklagerung noch hinreichende Contractionsmenge übrig bleibt um das Auge in höchste Divergenzstellung zu versetzen, noch, aus eben diesem Grunde mit Bestimmtheit angenommen werden darf, dass der R. externus, namentlich beim *M* Auge, noch Kraft genug besitzt um die Hindernisse, welche sich ihm durch Aufrollung des R. internus entgegenstellen, zu überwinden.

Alle Bewegungen der Augen haben jedoch am meisten Bedeutung für diejenigen Stellungen, welche im Dienste der Accommodation stehen, also besonders für diejenigen, welche zwischen

Parallelstellung der Gesichtslinien beim Blick geradeaus und mehr oder weniger hohen Graden von Convergenz liegen, abhängig von ungefährer Accommodationsruhe oder einem gewissen Grade von Accommodation. Aus diesem Grunde haben Convergenzdrehungen für *H*, *E* und *M* Augen dieselbe Bedeutung, und werden Schieloperationen, abgesehen von kosmetischen Gründen, weitaus in der Mehrzahl der Fälle mit Rücksicht auf die Drehungen des Bulbus nach innen ausgeführt.

Ich unterlasse es von andern operativen Eingriffen, wie Vorlagerung oder Rücklagerung des einen mit Vorlagerung des andern Muskels, eingehend zu sprechen, da aus dem Bisherigen zur Genüge hervorgeht, wie dieselben zu Hebelverhältnissen in Beziehung zu bringen sind. Nur daran will ich erinnern, dass bei Vorlagerung eines Muskels, so wenig wie bei Rücklagerung, dessen Angriffspunkt, sondern nur der Ansatzpunkt am Augapfel und zwar weiter nach vorne verlegt wird. Der Gewinn, der daraus resultirt, wird sich in vielen Fällen für ihn nur auf seine Abrollung, welche dadurch excursiver werden kann, für seinen Antagonisten auf seine Aufrollung beschränken, durch welche dessen Drehbewegungen erschwert werden können. Für die Grösse der Hebelarme resp. Vermehrung der Kraft wird dadurch kaum je etwas geändert oder gebessert werden.

Es hat sich gewiss der Mühe gelohnt die Bewegungen des Augapfels auch einmal von einem andern Standpunkte aus als von dem das Auge als Kugel betrachtenden einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen, um zu erkennen, dass auch hier die Natur Gesetze der elementarsten Mechanik, durch Excentricität des Drehpunktes, mehr oder weniger bedeutende Abflachung der hintern Augapfelhälfte, Zunahme der Grösse der Hebelarme nach vorn u. A., sich zu Nutzen zu machen gewusst hat.

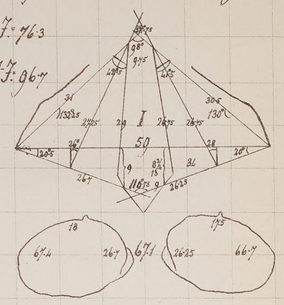
Wenn Wundt in seiner Physiologie des Menschen sagt: „Es ist noch kein einziges Gelenk eingehend genug untersucht worden, sodass es möglich wäre die in demselben stattfindenden Bewegungen etwa in ähnlicher Weise wie diejenigen des Augapfels zu analysiren. Wir sind daher auch nur im Stande, die allgemeinsten Principien, die in der Anordnung unserer Skelettmuskeln be-

folgt sind, anzugeben. Die Bewegungen der Skeletttheile folgen allgemein dem Gesetze des einarmigen Hebels“, so müssen wir uns darüber wundern, dass die Anatomie des übrigen Körpers längst dazu gelangt ist die Bewegungen der Skeletttheile als nach Hebelgesetzen erfolgend aufzufassen, die Ophthalmologie dagegen bis dahin stets versäumt hat zu erkennen, dass die Bewegungen des Augapfels nach dem Gesetze zweiarmiger Hebel, und zwar Winkelhebel, stattfinden.

Gedruckt bei L. Schumacher in Berlin.

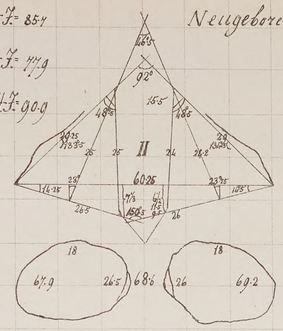
L=114 L:B:J=79.8
B=90 L:H:J=76.3
H=87 B:H:J=96.7

Neugeborener



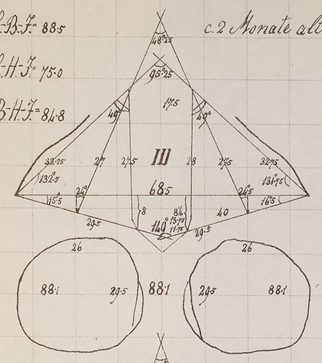
L=108.5 L:B:J=85.4
B=93 L:H:J=77.9
H=84.5 B:H:J=90.9

Neugeborener



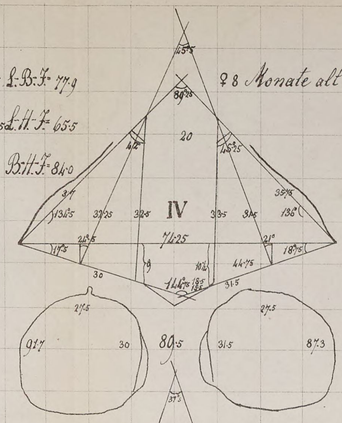
L=126 L:B:J=88.5
B=111.5 L:H:J=75.0
H=94.5 B:H:J=84.8

c. 2 Monate alt.



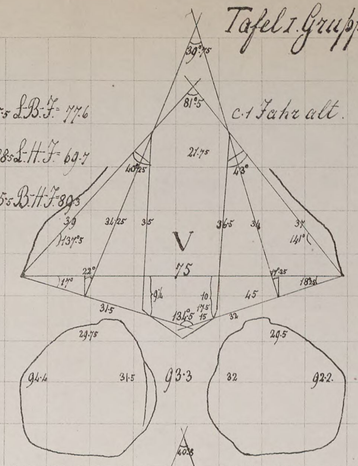
L=140.5 L:B:J=77.9
B=109.5 L:H:J=65.5
H=92 B:H:J=84.0

2 8 Monate alt



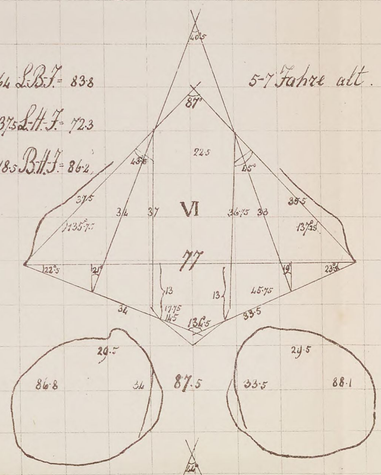
L=165.5 L:B:J=77.6
B=128.5 L:H:J=69.7
L=115.5 B:H:J=89.5

c. 1 Jahre alt.



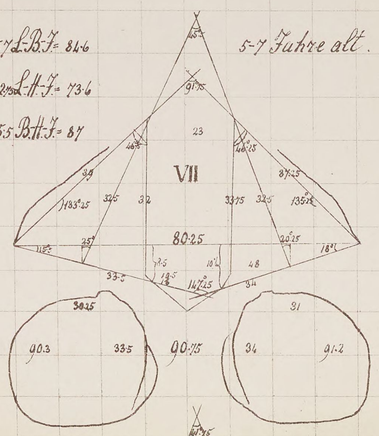
L=164 L:B:J=83.8
B=137.5 L:H:J=72.3
H=118.5 B:H:J=86.2

5-7 Jahre alt.



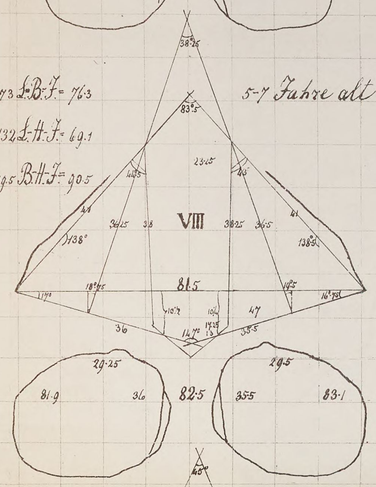
L=157 L:B:J=81.6
B=132 L:H:J=73.6
H=115.5 B:H:J=87

5-7 Jahre alt.



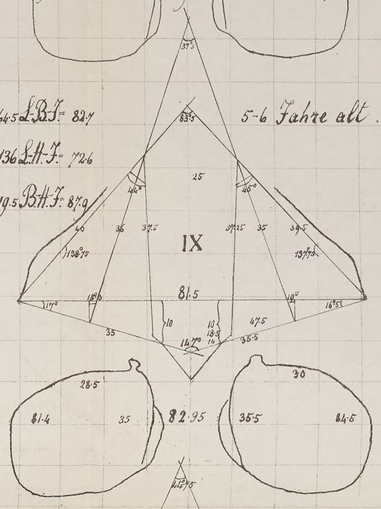
L=173 L:B:J=76.3
B=132 L:H:J=69.1
H=114.5 B:H:J=90.5

5-7 Jahre alt.



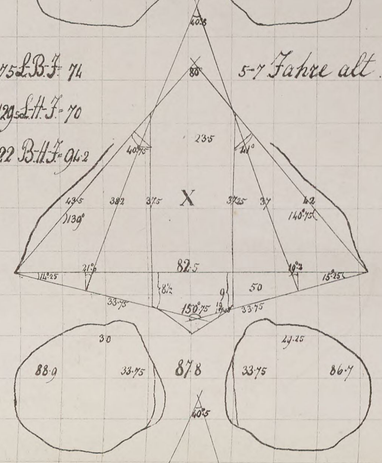
L=164.5 L:B:J=82.1
B=136 L:H:J=72.6
H=119.5 B:H:J=87.9

5-6 Jahre alt.



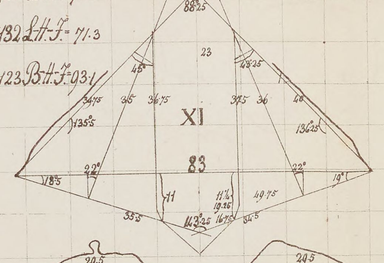
L=175 L:B:J=71
B=129.5 L:H:J=70
H=122 B:H:J=94.2

5-7 Jahre alt.



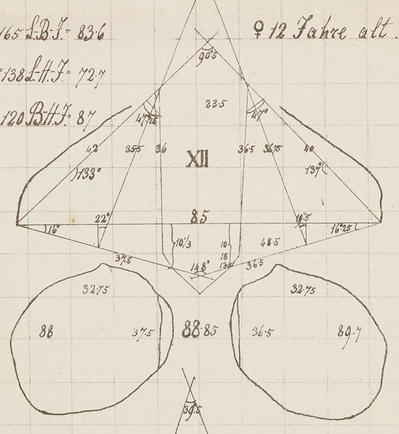
L=172.5 L:B:J=76.5
B=132 L:H:J=71.3
H=123 B:H:J=93.1

5-6 Jahre alt.



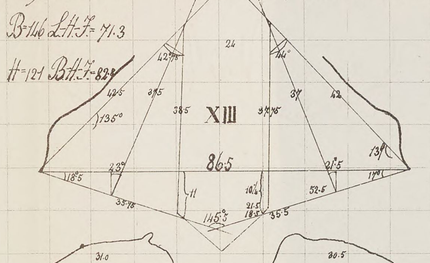
L=165 L:B:J=83.6
B=138 L:H:J=72.7
H=120 B:H:J=87

♀ 12 Jahre alt.



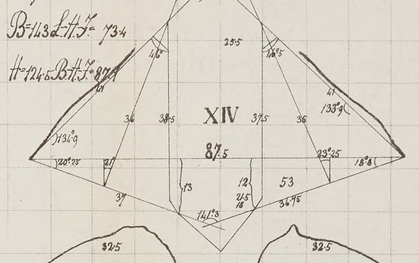
L=169.5 L:B:J=86.1
B=146 L:H:J=71.3
H=121 B:H:J=82.9

6-7 Jahre alt.



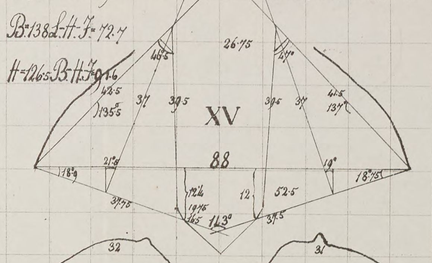
L=169.5 L:B:J=84.3
B=143 L:H:J=73.4
H=124.5 B:H:J=87.4

♂ 7½ Jahre alt.



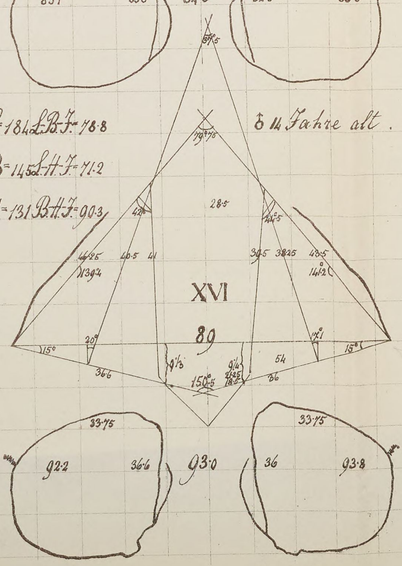
L=174 L:B:J=79.3
B=138 L:H:J=72.7
H=126.5 B:H:J=91.6

♂ 14 Jahre alt.



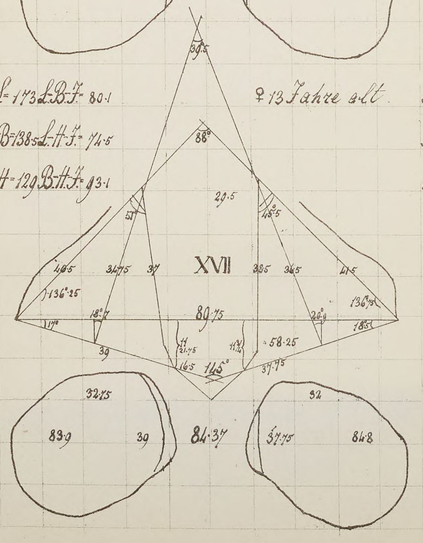
L=184 L:B:J=78.8
B=145 L:H:J=71.2
H=131 B:H:J=90.3

♂ 11 Jahre alt.



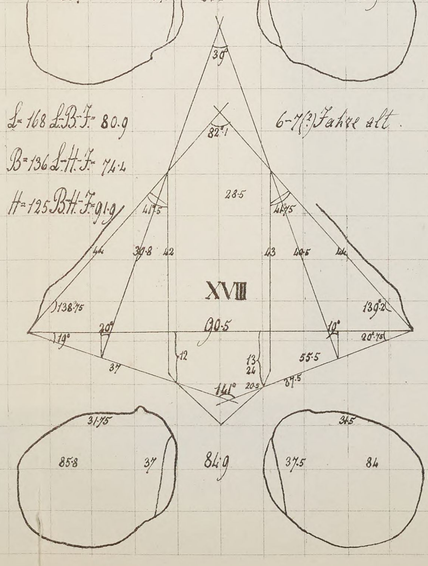
L=173 L:B:J=80.1
B=138 L:H:J=74.5
H=129 B:H:J=93.1

♀ 13 Jahre alt.



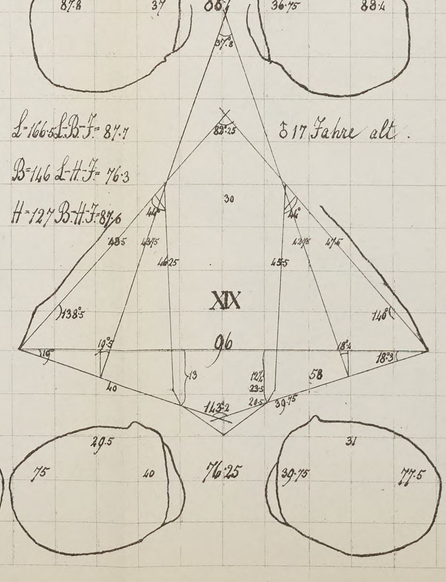
L=168 L:B:J=80.9
B=136 L:H:J=74.2
H=125 B:H:J=91.9

6-7½ Jahre alt.



L=166.5 L:B:J=81.1
B=146 L:H:J=76.3
H=127 B:H:J=87.6

♂ 17 Jahre alt.



ipse fecit auctor.

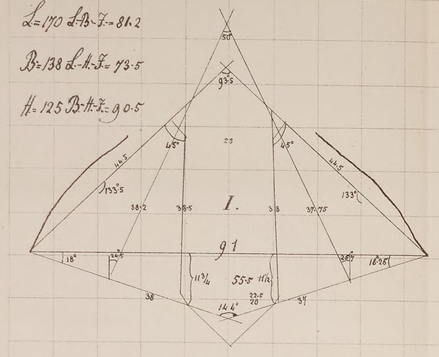
Tafel II. Gruppe II.

30 F ♀

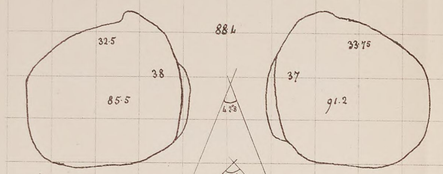
L=170 L-B-J=84.2

B=138 L-H-J=73.5

H=125 B-H-J=90.5



88.4

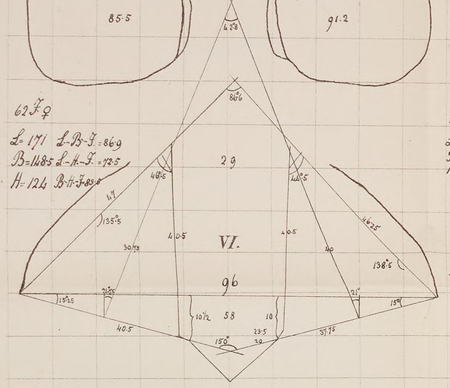


62 F ♀

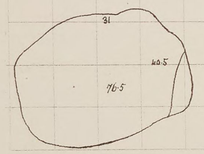
L=171 L-B-J=86.9

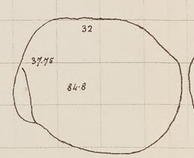
B=1485 L-H-J=72.5

H=124 B-H-J=83.0



80.7



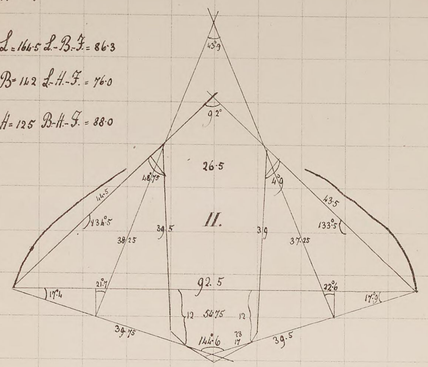


77 F ♀

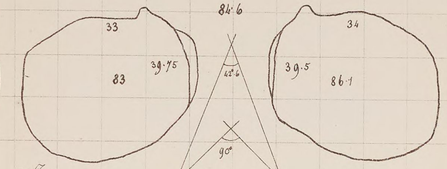
L=164.5 L-B-J=86.3

B=142 L-H-J=76.0

H=125 B-H-J=88.0



84.6

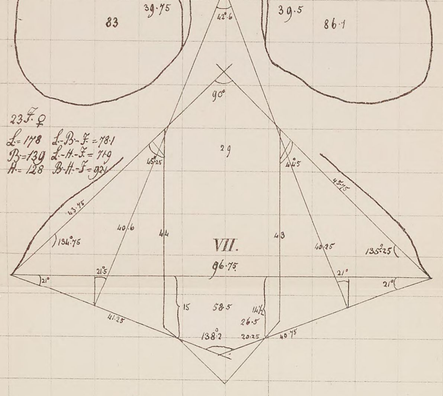


23 F ♀

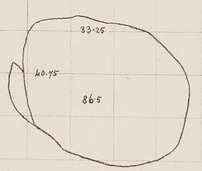
L=178 L-B-J=78.1

B=139 L-H-J=71.9

H=128 B-H-J=90.6



84.5

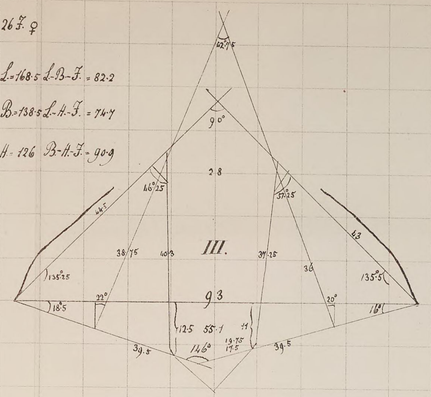


26 F ♀

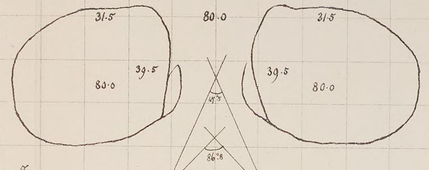
L=168.5 L-B-J=82.2

B=138.5 L-H-J=74.4

H=126 B-H-J=90.9



80.0

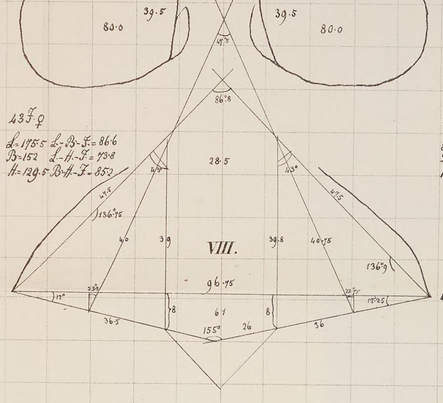


43 F ♀

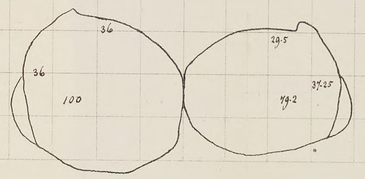
L=175.5 L-B-J=86.6

B=152 L-H-J=73.8

H=129.5 B-H-J=85.2



98.3

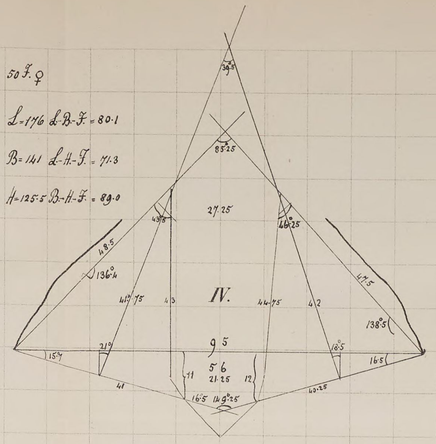


50 F ♀

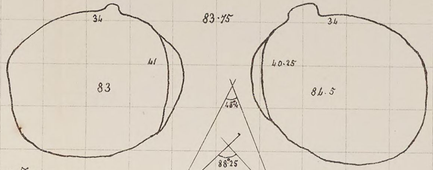
L=176 L-B-J=80.1

B=141 L-H-J=71.3

H=125.5 B-H-J=89.0



83.75

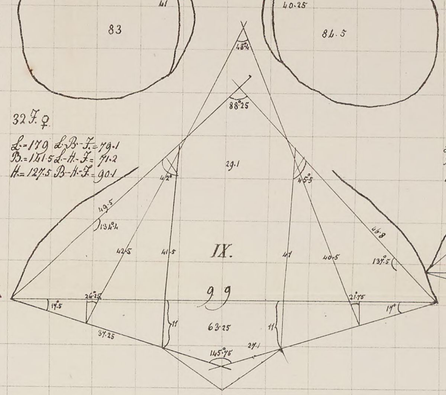


32 F ♀

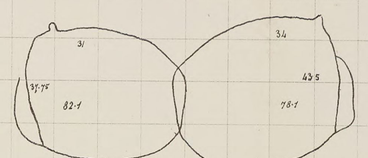
L=179 L-B-J=79.1

B=151.5 L-H-J=71.2

H=127.5 B-H-J=90.1



80.6

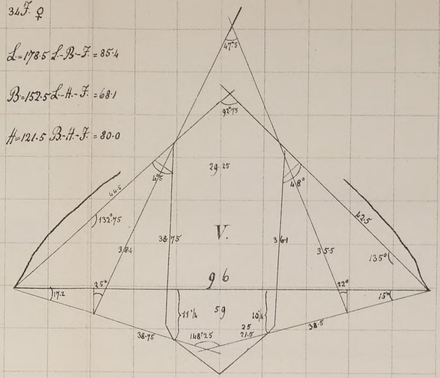


34 F ♀

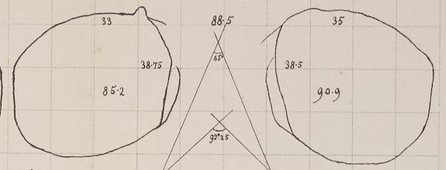
L=178.5 L-B-J=85.4

B=152.5 L-H-J=68.1

H=121.5 B-H-J=80.0



88.5

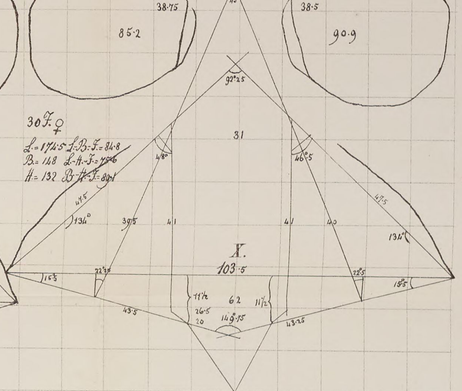


30 F ♀

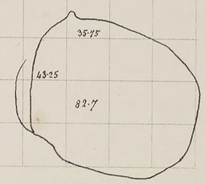
L=174.5 L-B-J=84.8

B=148 L-H-J=77.6

H=132 B-H-J=89.1

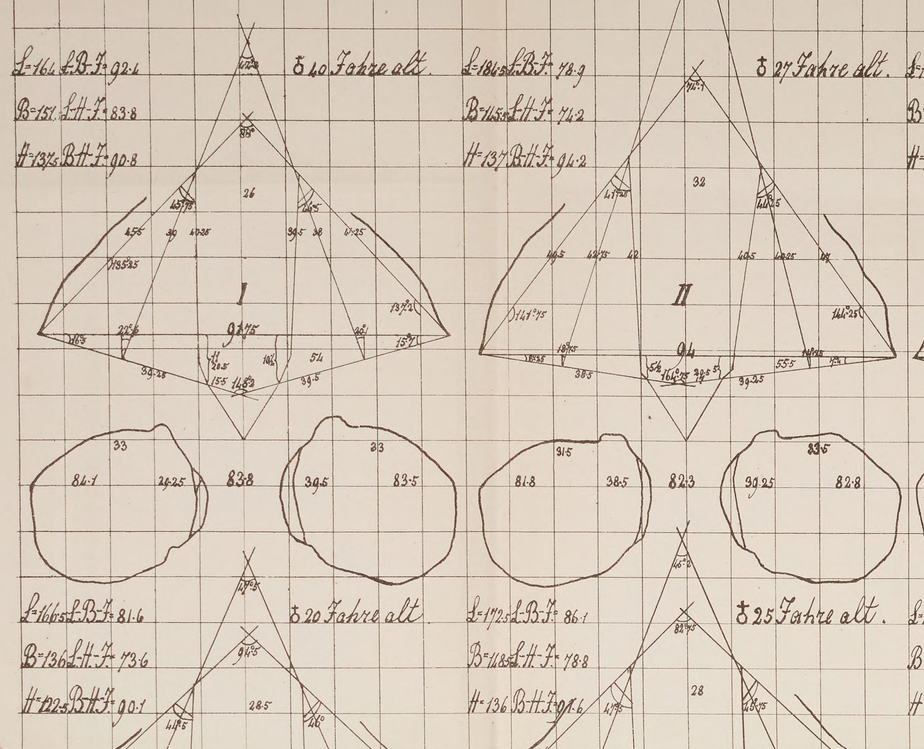


80.4

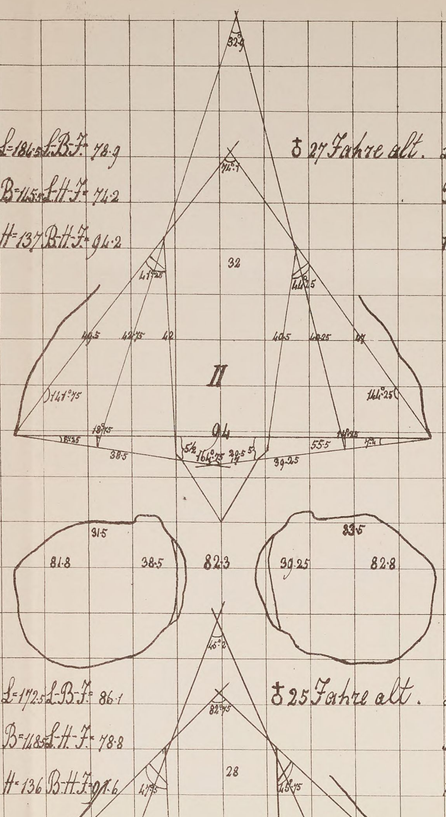


ipse fecit autor.

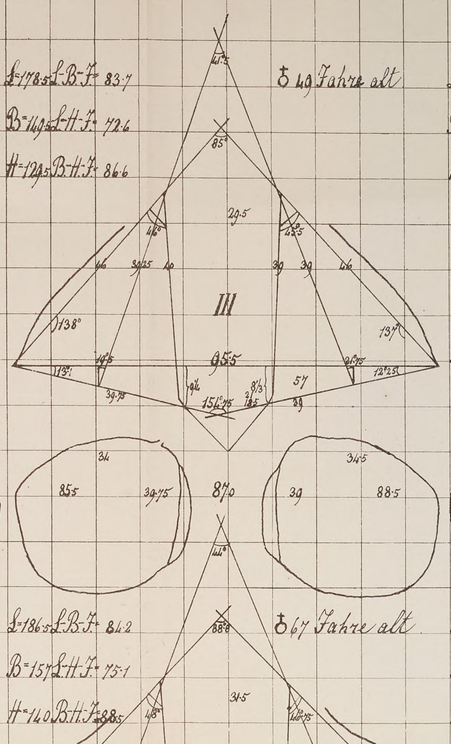
L=164 L.B.Z.=92.4
B=151 L.H.Z.=83.8
H=137 B.H.Z.=90.8
δ 40 Jahre alt.



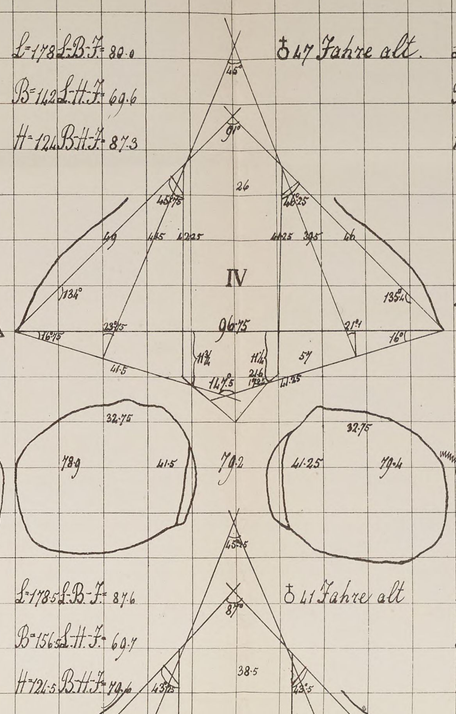
L=186 L.B.Z.=78.9
B=155 L.H.Z.=74.2
H=137 B.H.Z.=94.2
δ 27 Jahre alt.



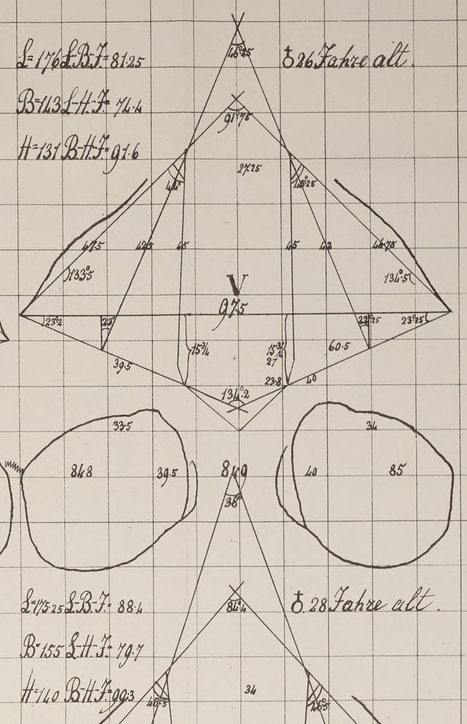
L=178 L.B.Z.=83.7
B=142 L.H.Z.=72.6
H=125 B.H.Z.=86.6
δ 49 Jahre alt



L=178 L.B.Z.=80.0
B=142 L.H.Z.=69.6
H=124 B.H.Z.=87.3
δ 47 Jahre alt.



L=176 L.B.Z.=81.25
B=143 L.H.Z.=74.4
H=131 B.H.Z.=91.6
δ 26 Jahre alt.



L=166 L.B.Z.=81.6
B=136 L.H.Z.=73.6
H=125 B.H.Z.=90.1
δ 20 Jahre alt.

L=172 L.B.Z.=86.1
B=148 L.H.Z.=78.8
H=136 B.H.Z.=91.6
δ 25 Jahre alt.

L=186 L.B.Z.=84.2
B=157 L.H.Z.=75.1
H=140 B.H.Z.=88.5
δ 67 Jahre alt

L=178 L.B.Z.=87.6
B=156 L.H.Z.=69.7
H=121.5 B.H.Z.=94.4
δ 41 Jahre alt

L=175 25 L.B.Z.=88.4
B=155 L.H.Z.=79.7
H=140 B.H.Z.=90.3
δ 28 Jahre alt.

L=189 L.B.Z.=83.3
B=156 L.H.Z.=69.4
H=131 B.H.Z.=86.1
δ 20 Jahre alt.

L=176 5 L.B.Z.=81.8
B=144 5 L.H.Z.=73.1
H=130 B.H.Z.=90.0
δ 55 Jahre alt.

L=183 5 L.B.Z.=79.8
B=146 5 L.H.Z.=71.7
H=131 5 B.H.Z.=89.4
δ 63 Jahre alt

L=184 L.B.Z.=83.1
B=153 L.H.Z.=72.2
H=133 B.H.Z.=86.9
δ 23 Jahre alt

L=181 5 L.B.Z.=79.7
B=147 L.H.Z.=72.4
H=130 B.H.Z.=88.3
δ 22 Jahre alt

ipse fecit autor.

L=176 L.B.J.= 77
B=135 L.H.J.= 75
H=132 B.H.J.= 97.4

I

L=162 L.B.J.= 88.6
B=144 L.H.J.= 75.5
H=122 B.H.J.= 85.2

II

L=178.5 L.B.J.= 73.8
B=132 L.H.J.= 73.8
H=132 B.H.J.= 100.0

III

L=181.5 L.B.J.= 75.9
B=137 L.H.J.= 75.4
H=137 B.H.J.= 99.5

IV

L=177 L.B.J.= 79.5
B=140 L.H.J.= 77.1
H=136.5 B.H.J.= 97.6

V

L=198 L.B.J.= 70.0
B=138 L.H.J.= 65.1
H=129 B.H.J.= 93.6

VI

L=183 L.B.J.= 76.7
B=140 L.H.J.= 74.3
H=136 B.H.J.= 96.8

VII

L=196.5 L.B.J.= 68.1
B=132.5 L.H.J.= 69.1
H=136 B.H.J.= 101.5

VIII

L=188 L.B.J.= 73.8
B=138 L.H.J.= 77.4
H=145 B.H.J.= 106.8

IX

Gruppe V.

L=190 L.B.J.= 80.2
B=152.5 L.H.J.= 68.6
H=130 B.H.J.= 85.4

Hünengrab aus Dänemark.

I

L=190 L.B.J.= 70.2
B=139 L.H.J.= 73.4
H=134.5 B.H.J.= 101.5

II

Grönländer
L=191 L.B.J.= 72.2
B=140 L.H.J.= 72.0
H=139.5 B.H.J.= 99.6

III

Groenlaender
L=185 L.B.J.= 75.1
B=130 L.H.J.= 73.5
H=136 B.H.J.= 97.8

IV

Aegyptische Mumie
L=182 L.B.J.= 76.9
B=140 L.H.J.= 77.4
H=130 B.H.J.= 99.9

V

Aegyptische Mumie
L=190.5 L.B.J.= 70.6
B=134.5 L.H.J.= 70.1
H=133.5 B.H.J.= 99.2

VI

Aino aus Japan?

L=141.25 L.B.J.= 82.5
B=135.5 L.H.J.= 2
H= ? B.H.J.= ?

VII

Indianer aus Illinois.
L=165 L.B.J.= 85.4
B=141 L.H.J.= 82.4
H=136 B.H.J.= 96.4

VIII

Neu-Irland.
L=168.5 L.B.J.= 79.2
B=133.5 L.H.J.= 77.1
H=130 B.H.J.= 97.4

IX

Neu-Irland.
L=173.5 L.B.J.= 73.8
B=128 L.H.J.= 74.3
H=129 B.H.J.= 101

X

Neu-Brittan.
L=186.5 L.B.J.= 68.5
B=127.5 L.H.J.= 69.6
H=130 B.H.J.= 101.8

XI

Neu-Brittan.

ipse fecit autor.

Verlag von **August Hirschwald** in Berlin.

Böhm, Geh. Med.-Rath, Prof. Dr. **L.**, **Der Nystagmus und dessen Heilung.** Eine Monographie. gr. 8. Mit Holzschnitten. 1857. 4 M.

— — **Ueber die Anwendung des blauen Doppel-Lichts auf leidende Augenpaare.** 8. Mit 1 Tafel. 1858. 1 M.

— — **Die Therapie des Auges** mittels des farbigen Lichtes. gr. 8. Mit 2 Tafeln in Farbendruck. 1862. 4 M. 50.

Burow, Dr. **A.**, **Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges.** 8. Mit 24 lithogr. Figuren. 1842. 3 M.

Classen, Dr. **Aug.**, **Gesammelte Abhandlungen über physiologische Optik.** gr. 8. 1868. 3 M.

Happe, Dr. **Ludwig**, **Das dioptrische System des Auges** in elementarer Darstellung für Mediciner, besonders angehende Ophthalmologen. 4. Mit 26 Figuren auf 4 lithographirten Tafeln. 1877. 3 M.

Herzenstein, Dr. **U.**, **Beiträge zur Physiologie und Therapie der Thränenorgane.** 8. Mit 2 Tafeln. 1868. 2 M.

Hirschberg, Dr. **J.**, **Der Markschwamm der Netzhaut.** Eine Monographie. Mit 3 lithogr. Tafeln. gr. 8. 1869. 6 M.

Liebreich, Prof. Dr. **Rich.**, **Atlas der Ophthalmoscopie.** Darstellung des Augengrundes im gesunden und krankhaften Zustande, enthaltend 12 Tafeln mit 59 Figuren in Farbendruck nach der Natur gemalt und erläutert. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Fol. 1870. 24 M.

— — **Eine neue Methode der Cataract-Extraction.** gr. 8. Mit 3 Holzschn. 1872. 80 Pf.

Mooren, Dr. **Alb.**, **Die verminderten Gefahren einer Hornhautvereiterung bei der Staarextraction.** 8. 1862. 1 M. 20.

— — **Ophthalmiatrische Beobachtungen.** gr. 8. 1867. 5 M.

— — **Ueber sympathische Gesichtsstörungen.** gr. 8. 1869. 3 M.

— — **Ophthalmologische Mittheilungen** aus dem Jahre 1873. 8. 1874. 2 M. 80.

Schelske, Dr. **Rudolf**, **Lehrbuch der Augenheilkunde.** gr. 8. Mit 54 Holzschn. (I. 1870. 4 M. — II. 1874. 9 M.) 13 M.

Schirmer, Dr. **Rud.**, **Die Lehre von den Refractions- und Accommodations-Störungen des Auges.** Mit 40 Holzschnitten. 8. 1866. 2 M. 40.

Schoen, Dr. **Wilh.**, **Die Lehre vom Gesichtsfelde** und seinen Anomalieen. Eine physiologisch-klinische Studie. gr. 8. Mit 12 lithogr. Tafeln und 17 Holzschnitten. 1874. 8 M.

Schweigger, Prof. Dr. **C.**, **Handbuch der speciellen Augenheilkunde.** Dritte Auflage. gr. 8. Mit 47 Holzschnitten. 1875. 12 M.

— — **Seh-Proben.** gr. 8. 1876. 4 M.

Gedruckt bei L. Schumacher in Berlin.

Kruis

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Emmert, Emil

Auge und Schädel Untersuchungen über Refraction, Accomodation, gewisse Maassverhältnisse der Augen und Augenhöhlen, Axenverlängerung und Bewegungsmechanismus des Augapfels. Mit 4 lithogr. Tafeln

Berlin 1880

Chir. 87 ly
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11582984-4